

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zkvalitnění produkce a zajištění efektivnosti výrobní linky

Production Improvement and Ensuring Efficiency of the Production Line

Student:

Bc. Jan Bajger

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Bajger**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 6208T116 Průmyslové inženýrství
Téma: **Zkvalitnění produkce a zajištění efektivnosti výrobní linky**
Production Improvement and Ensuring Efficiency of the Production Line
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická východiska zadané problematiky.
2. Analýza současného stavu.
3. Identifikace úzkých míst.
4. Návrhy inovací výrobní linky.
5. Zhodnocení optimalizace a přínos pro podnik.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011, 40 s.
KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: C. H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založené na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8.
ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Michal Kuropata

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry

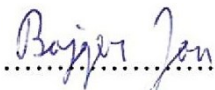



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

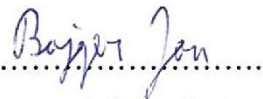
V Ostravě 11. 5. 2018


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 11. 5. 2018


.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Jan Bajger

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Žukovská 1706, Český Těšín

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BAJGER, J. *Zkvalitnění produkce a zajištění efektivnosti výrobní linky*: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 75 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Diplomová práce se zabývá přestavbou výrobní linky, která vyrábí díly pro zadní nápravu automobilu Hyundai Tucson. První část pojednává o terminologii a obecné teorii, která souvisí s daným tématem. Ve druhé části je provedena analýza současného stavu, která specifikuje danou výrobní linku. Třetí část se zaměřuje na místo, kterému je nutné věnovat větší pozornost. V předposlední části jsou vyobrazeny navrhované plány inovací a následně jsou zhodnoceny jejich výhody či nevýhody, které by mohly nastat s jejich implementací. Poslední část je věnována vyhodnocením vybrané optimalizace a jejich přínosem pro daný podnik. Cílem této diplomové práce je zabezpečit kvalitu a dosáhnout vyšší efektivnosti výrobní linky, což by znamenalo posun v oblasti snižování nákladů.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

BAJGER, J. *Production Improvement and Ensuring Efficiency of the Production Line*: Master Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 75 p. Thesis head: Schindlerová, V.

The master thesis is dealing with the reconstruction of the production line which produces the rear chassis parts of the Hyundai Tucson. The first part deals with the terminology and the general theory that is related to the given topic. In the second part, we analyze the current situation, which will introduce us with the given production line. The third part explains where we need to pay more attention. In the last but one part, the proposed innovation plans are depicted and their benefits or disadvantages that can be realized with their implementation are evaluated. The last part is dedicated to the evaluation of the selected optimization and its contribution to the company. The target of this diploma thesis is to ensure quality and achieve higher efficiency of the production line, which would mean an increase in the area of cost reduction.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
0 Úvod.....	10
1 Teoretická východiska zadané problematiky	11
1.1 Výrobní linka.....	11
1.2 Robotické svařovací systémy	14
1.2.1 Schéma robotizovaného svařovacího pracoviště	15
1.2.2 Svařovací robot	16
1.2.3 Svařovací zdroj	16
1.3 Operátor	17
1.3.1 Ergonomie na pracovišti	18
1.4 Metody měření spotřeby času práce.....	19
1.4.1 Snímek pracovního dne	19
1.4.2 Snímek operace.....	20
1.4.3 Čas cyklu (Cycle Time)	21
1.5 Vícekriteriální rozhodování	23
1.5.1 Rozhodování za jistoty (metoda vážených dílčích pořadí)	24
1.6 Užitečnost teoretických znalostí.....	26
2 Analýza současného stavu	27
2.1 Společnost DONGHEE Czech s.r.o.	27
2.1.1 Historie DONGHEE Group	27
2.1.2 Historie DONGHEE Czech s.r.o.	28
2.2 Produkty DONGHEE Czech s.r.o.	30
2.3 Technologie používané ve výrobě	31
2.4 Svařovací otočné stoly (JIG turn).....	33
2.5 Svařovací linka zadních podvozkových dílů.....	34
2.5.1 Popis svařovací linky	34
2.5.2 Průběh operací během výroby	35
2.5.3 Specifikace produktu výrobní linky.....	37
3 Identifikace úzkých míst.....	38
4 Cíle diplomové práce.....	41



5	Návrhy inovací výrobní linky	42
5.1	Varianta I	42
5.2	Varianta II	43
5.3	Ergonomie pracoviště	44
5.3.1	První návrh ergonomie pracoviště	45
5.3.2	Druhý návrh ergonomie pracoviště	46
5.3.3	Třetí návrh ergonomie pracoviště	47
5.4	Určení návrhu inovace a ergonomie výrobní linky	48
5.5	Volba svařovacího robota	49
5.5.1	Vícekritériální rozhodování svařovacího robota	54
5.6	Postup inovace výrobní linky	60
6	Zhodnocení optimalizace a přínos pro podnik	64
6.1	Čas cyklu svařovací výrobní linky po inovaci	65
6.2	Srovnání času cyklu původní a inovované výrobní linky	67
6.3	Přínos pro podnik	68
7	Závěr	69
	Seznam použité literatury	71
	Seznam obrázků	73
	Seznam tabulek	75
	Seznam grafů	76
	Seznam příloh	76

Seznam použitých značek a symbolů

Poka – Yoke	Nástroj štíhlé výroby. Chybu-vzdorný
PLC	Programovatelný logický automat
MIG	Svařování kovů v ochranné atmosféře inertního plynu
MAG	Svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu
TIG	Svařování wolframovou elektrodou
CO ₂	Oxid uhličitý
5S	Metodika pro vytváření a udržení organizovaného, čistého pracoviště
UPH	Unit per hour / Výrobky za hodinu
Ks	Kusy
P	Počet expertů
M	Počet kritérií
α_{kj}	Číslo pořadí přiřazené k-tým expertem j-tému kritériu
α_j	Součet pořadí přiřazených všemi experty j-tému kritériu
W	Koeficient shody
Co.	Company / Obchodní společnost
LTD.	Limited / Právní forma společnosti. Omezené ručení
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
tis.	Tisíce
Kč	Koruna česká (měnová jednotka České republiky)
%	Procento
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci
TS	Technická specifikace
KIA	Značka vozidla
HYUNDAI	Značka vozidla
TQM	Total Quality Management / Úplné řízení jakosti
JIG TURN	Svařovací otočný stůl
kW/k	Kilowatt / kůň (jednotky výkonu)
SUV	Sport utility vehicle / Sportovní užitkové vozidlo
Kaizen	Proces neustálého zlepšování
OTC	Osaka Transformer Company

kg	Kilogram (jednotka hmotnosti)
mm	Milimetr (jednotka délky)
W	Watt (jednotka výkonu)
°C	Stupeň Celsia (jednotka teploty)
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
Teaching	Programování svařovacího cyklu
Interlog	Pauza mezi svařovacími cykly
Improvements	Vylepšení
s	Sekunda (jednotka času)

0 Úvod

Kombinace přesnosti, plynulosti a rychlosti, tak by mohla znít jednoduchá definice výrobní linky. Od uvedení první výrobní linky Henrym Fondem v roce 1913 uběhla už řada let, která přinesla další zásadní inovace a modernizace v oblasti produkce. Nutné je však zmínit, že základní princip zůstává stále stejný. „*Výrobek má jít k pracovníkovi, nikoli pracovník k výrobku.*“ Žádoucí je tedy taková metodika, která přispívá k snižování nákladů a eliminaci prostojů či zbytečné neefektivnosti.

S nástupem nových technologií se výrobní linky začaly inovovat a neustále zrychlovat. V automobilovém průmyslu lze najít kombinaci výrobních linek na svařování, lakování či montáž. V této diplomové práci se zaměříme právě na svařovací výrobní linku. Důvod je zřejmý – pokud nebudeme mít svařenou základní konstrukci, lze jen těžko něco lakovat či montovat. Můžeme tedy konstatovat, že svařovací linky jsou pro výrobu v automobilovém průmyslu stěžejní.

Efektivita, kvalita a schopnost realizace – tyto tři pojmy spolu souvisí, i když na první pohled se může zdát, že je každý vcelku odlišný. Efektivita neboli produktivita znamená účinnost vložených zdrojů a jimi získaný užitek. Efektivní systém má malé ztráty. Kvalita neboli jakost je pojem popisující zpravidla kladné vlastnosti výrobku. Kvalitní výrobek je ten, který splní očekávání zákazníka. V neposlední řadě zde řešíme pojem schopnost realizace, protože ne každý nápad na zlepšení produkce bylo v historii možno zrealizovat, jednalo se například o problém s použitou technologií či jiné konstrukční nedostatky.

Automobilový průmysl se na tuzemské průmyslové výrobě podílí zhruba jednou čtvrtinou. Každých 23 sekund se v Česku vyrobí jedno auto. K hlavním trendům automobilek patří tlak na snižování nákladů a zvýšení efektivity výroby.

Automobilový průmysl představuje velmi turbulentní prostředí. Cílem této diplomové práce je nalézt ideální řešení pro zajištění kvality a zabezpečení efektivnosti výrobní linky a také pro další možnosti inovací a modernizací.

1 Teoretická východiska zadané problematiky

Předkládaná práce pracuje s oborovou terminologií, jako např. výrobní linky, svařovací roboti, operátoři či chronometráže, proto je nezbytné si pro lepší orientaci ujasnit význam jednotlivých pojmů.

1.1 Výrobní linka

Vznik výrobní linky jde ruku v ruce s objevem sériové výroby. Již v roce 1850 začala americká zbrojovka se sídlem ve Springfieldu a Harpes Ferry využívat unifikované zaměnitelné díly pro výrobu ručních zbraní. Hlavním průkopníkem moderní výrobní linky byl Henry Ford, který roku 1910 spustil první sériovou výrobu aut v městě Highland. Právě v tomto roce se objevila také první výrobní linka poháněna elektromotory.¹

Výrobní linky zefektivňují celý proces výroby a zlepšují kvalitu produktu. Jakákoliv výrobní linka je vždy specifická, jelikož je konstruována dle požadavků zákazníka a charakteru produktu. Při navrhování výrobních linek je nutné dbát také na přesnost práce, ekonomickou efektivnost a jejich výkon. V závislosti na povaze výroby a používané technologie mohou být výrobní linky plně automatické či poloautomatické, přičemž rozdíl spočívá v přítomnosti obsluhy. Poloautomatické výrobní linky bývají často doplněny o systém POKA-YOKE zamezující vzniku nekvalitních produktů, jejichž výroba je ovlivněna chybou obsluhy.²

K přemístění potřebných součástí pro sestavení daného produktu se používá dopravník nebo průmyslový robot či manipulátor. S nástupem moderních technologií se výrobní linky začaly inovovat a dělit. V současnosti existuje celá řada druhů a uspořádání. Zaměříme se nyní na jejich rozdělení (tab. 1).²

Tab. 1 – Rozdělení výrobních linek²

Druhy výrobních linek	Uspořádání výrobních linek
➤ Svařovací	➤ Přímochará
➤ Obráběcí	➤ Zakřivená
➤ Lakovací	➤ Kruhová
➤ Montážní	➤ Smyčková

Svařovací linka

Tento typ linky s sebou nese nesporné výhody týkající se kvality svaru, přesnosti svaru a dodržení správného průvaru. Nejčastěji ji lze najít v automobilovém průmyslu, kde se využívají robotické svařovací systémy. Svařovací linky mohou být dvou typů. Běžná svařovací linka (obr. 1) se skládá z dopravníků a většího počtu svařovacích strojů a dalších bezpečnostních prvků. Druhý typ pak představuje svařovací buňka (obr. 2) složená z několika částí: robot, svářečka, stůl, senzory, rolety, krytování, odsávání zplodin, ovládací panely.



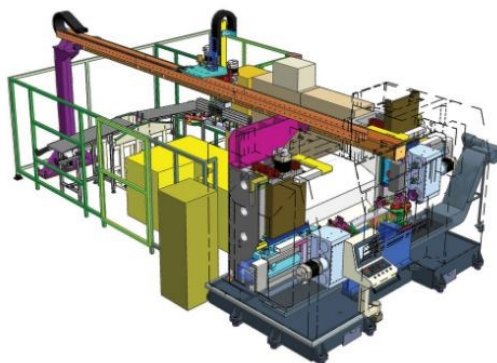
Obr. 1 – Svařovací linka³



Obr. 2 – Svařovací okno

Obráběcí linka

Obráběcí linku obvykle tvoří soustava obráběcích strojů, které jsou navzájem propojeny zařízením pro dopravu obrobku mezi jednotlivými stroji. Její součástí jsou také systémy, které dbají na signalizaci poruch, odstraňování a odvádění třísek, automatické upínání a uvolňování obrobků a v neposlední řadě provádějí chlazení a mazání při obráběcích operacích. Obrázek 3 znázorňuje budoucí vizualizaci obráběcí výrobní linky.



Obr. 3 – Obráběcí linka⁴

Lakovací linka

Tyto linky se používají zejména pro nanášení nátěrových hmot na velké množství rozměrově podobných dílů. Náklady na lakování jednoho dílu pak klesají z důvodu vysoké produktivity těchto linek. Skládají se nejčastěji ze tří částí, a to předúpravy povrchu, jejímž cílem je zlepšit přilnavost barvy k povrchu (odmaštění, moření), dále částí obsahující nanášení nátěrové hmoty (nátěrovou hmotu lze nanášet ručně nebo automaticky) a posledním třetím krokem je dokončovací úsek, kde dochází k vytvrzení nanesené vrstvy (sušárny, vypalovací pece). Dopravu v lakovací dopravní lince zajišťuje dopravník či speciální dopravní systém. Na obrázku (obr. 4) je zobrazena lakovací linka v oblasti automobilového průmyslu.⁵



Obr. 4 – Lakovací linka⁵

Montážní linka

Montážní linka představuje soubor pracovišť uspořádaných podle technologického postupu (obr. 5). Mezioperační doprava propojuje jednotlivá pracoviště mezi sebou. Může se jednat jak o klasický dopravník nebo také o robotická ramena či robotické podavače. Montážní linky se dělí dle různých hledisek, ať už se jedná o způsob provádění montážních prací, montážního taktu, stupně synchronizace či pohybu součástí při montáži.⁶



Obr. 5 – Montážní linka⁷

1.2 Robotické svařovací systémy

Nedílnou součástí výrobních linek jsou robotické systémy. S ohledem na typ dané linky se rovněž liší druh robotického systému. U montážních linek se spíše budeme setkávat s tzv. podavači, což jsou roboti, kteří mají za úkol manipulovat s produktem na pracoviště či na jinou linku.







Robotické svařovací systémy oproti jiným svařovacím zařízením obsahují přídavné robotické rameno, které je řízené řídicí jednotkou. Tyto systémy pracují trvale bez přítomnosti svářeče, ovšem vyžadují pravidelnou údržbu v oblasti výměny svařovacího drátu, mazání pohyblivých částí ramene a kontroly funkčnosti stroje. Nejčastěji se provádí již zmíněná výměna svařovacího drátu. Tyto roboty jsou řízeny počítačovými programy, které jsou velmi přesné, čímž zabezpečují kvalitu ve výrobě.⁸

Nejčastější oblasti použití:

- strojírenská výroba,
- automobilový průmysl,
- výroba ocelových konstrukcí.⁸

Zavedení těchto systémů přispělo k podstatnému zvýšení produktivity a již zmíněné přesnosti a také umožnilo práci v nepřetržitém pracovním provozu. Nesmíme však zapomínat, že každá inovace má své silné a slabé stránky, zaměříme se nyní tedy na jejich výčet (tab. 2).

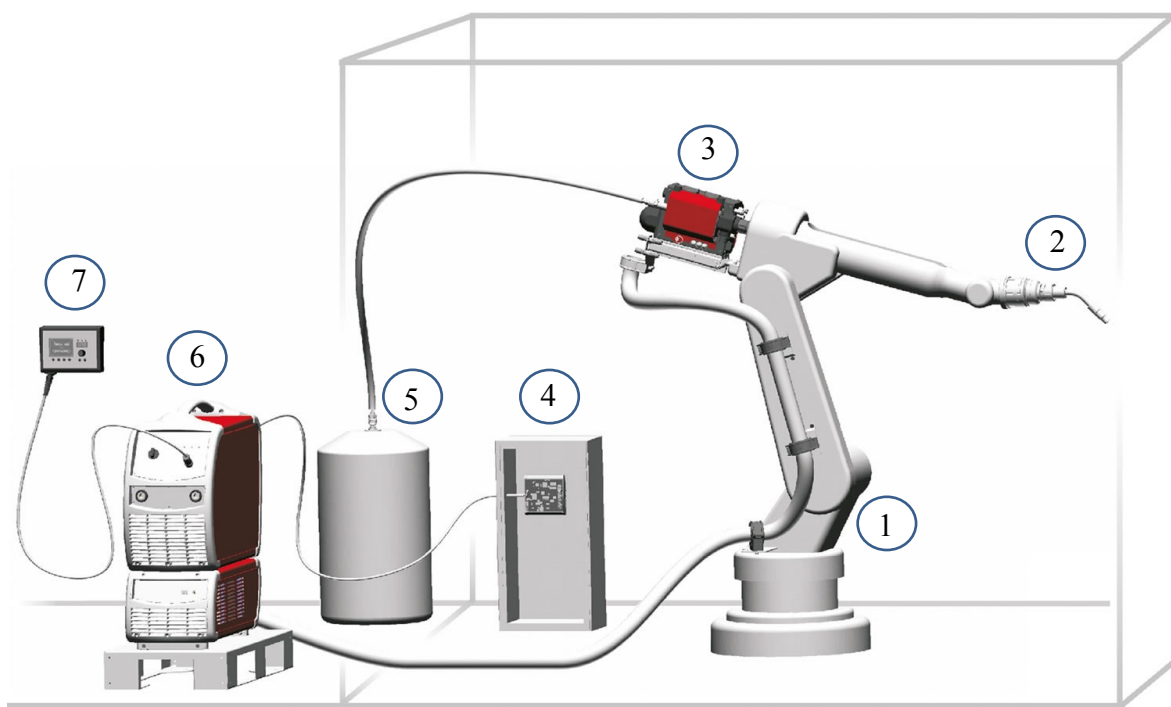
Tab. 2 – Vlastnosti robotických svařovacích systémů [8]

Výhody	Nevýhody
 Vysoká přesnost	 Pořizovací náklady
 Kvalita svaru	 Údržba
 Práce ve ztížených podmínkách	
 Nízké náklady na provoz	

Metoda svařování je všeobecně známa jako jedna z nejrozšířenějších pro zpracování kovů, protože byla automatizována jako jedna z prvních, už od počátku zavádění automatizace do průmyslu.⁹

1.2.1 Schéma robotizovaného svařovacího pracoviště

V následující kapitole bude pro lepší pochopení proveden popis robotizovaného svařovacího pracoviště. Následující obrázek (obr. 6) ilustruje možný způsob umístění jednotlivých komponentů daného pracoviště.



- 1 Svařovací zařízení – složeno z pohyblivého ramene, stojanu
- 2 Svařovací hořák – vybaven senzory, které kontrolují proces svařování
- 3 Podavač svařovacího drátu – dle typu lze podávat jeden či dva svařovací dráty
- 4 Řídící jednotka (PLC Controller) – složena z mikroprocesorů
- 5 Buben se svařovacím drátem
- 6 Svařovací zdroj – nastavení volby svařovacích parametrů (průměr drátu, posuv drátu)
- 7 Dálkový ovladač – mobilní možnost volby svařovacích parametrů ⁹

Obr. 6 – Schéma robotizovaného svařovacího pracoviště ¹⁰

V průmyslu se lze setkat s celou řadou svařovacích metod. Robotizovaná svařovací pracoviště však často pracují se svářecími metodami MIG, MAG, popřípadě TIG. V našem případě se jedná o metodu MAG, tedy obloukové svařování v ochranném plynu, kdy se elektroda taví pod ochranou přiváděného aktivního plynu (CO₂) nebo směsného plynu, který se aktivně účastní procesů v elektrickém oblouku. ¹¹

1.2.2 Svařovací robot

K procesu svařování jsou v průmyslové výrobě často využívány šestiosé, sedmiosé či osmiosé svařovací roboty se sériovou kinematikou. Což znamená, že 3 osy jsou určeny k polohování a zbylé 3 slouží k určení orientace. Tento typ je díky své velké anatomičnosti velice flexibilní a umožňuje svařovat i velice komplikované výrobky.¹²

Existuje mnoho typů svařovacích robotů lišících se délkou ramene, celkovou hmotností, maximální nosnou hmotností a v neposlední řadě rozsahem pohybu. Existuje také celá řada výrobců, přičemž mezi nejprodávanější patří svařovací roboty od firem ABB robots (obr. 7), KUKA robots, OTC Daihen (obr. 8), Fanuc robots a Motoman (Yaskawa).



Obr. 7 – ABB robot¹³



Obr. 8 – OTC Daihen robot¹⁴

1.2.3 Svařovací zdroj

Jedná se o elektrické zařízení, které slouží pro generování svařovacího proudu při svařování. Svařovací zdroje používané pro robotické svařování jsou zcela digitalizované. Centrální řídicí a regulační jednotka a signální procesor řídí celý svařovací proces. Dnešní mikroprocesorem řízené invertorové proudové zdroje zabezpečují precizní svařovací proces, dokonalé svařovací vlastnosti a přesnou reprodukovatelnost výsledků. Mezi nejpoužívanější svařovací zdroje lze zařadit ty od firem Fronius, Migatronik a Kempi.¹²

1.3 Operátor

Nedílnou součástí výrobního podniku je pracovní síla. U výrobních linek tomu není jinak. Každá linka má své operátory, kteří zabezpečují chod linky a počet vyrobených produktů. Operátor výroby (obr. 9) zajišťuje dílčí část výroby konkrétního produktu ve výrobním závodě či na výrobní lince.¹⁵



Obr. 9 – Operátor výroby¹⁶

Náplň práce operátora výrobní linky:

- obsluha strojů na pracovišti,
- obsluha výrobní linky,
- kontrola parametrů výrobní linky,
- průběžná kontrola kvality výrobků,
- balení a ukládání výrobků,
- čištění strojů a zařízení,
- základní úklid pracoviště,
- vedení záznamů o údržbě.¹⁵

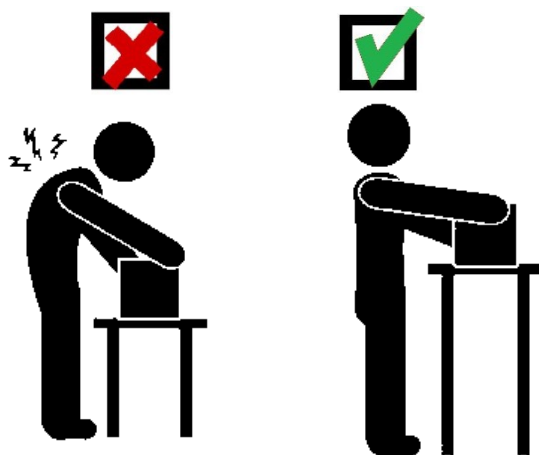
Osobnostní vlastnosti operátora by měly zahrnovat tělesnou zdatnost, manuální zručnost, trpělivost, zaměřenost na detail a také pečlivost. Jelikož operátor výroby často pracuje jako součást týmu, měl by být přátelský a bezkonfliktní. Ve výrobě se totiž jeden pracovník musí spolehnout na druhého.¹⁵

1.3.1 Ergonomie na pracovišti

Ergonomie se zabývá vztahy mezi člověkem, prostředím a nástrojem a týká se rovněž přizpůsobování práce člověku. Tento vědní obor by měl chránit zdraví člověka při práci a navrhovat pracovní předměty či jiné nástroje a zařízení tak, aby jejich tvar odpovídal co nejvíce rozměrům lidského těla.¹⁷

S ergonomií práce se pojí také japonská metoda 5S. Tato zkratka popisuje pět japonských slov, která zabezpečují organizaci, správné řízení a průběh práce na pracovišti. Metoda 5S eliminuje zbytečné pohyby člověka během práce a zabraňuje plýtvání časem pracovníka.¹⁷

Nedílnou součástí ergonomie práce je také určení optimální pracovní polohy (obr. 10). Pracovní polohou rozumíme polohu těla, v níž je práce vykonávána. Každá pracovní poloha by měla zajišťovat dostatečnou stabilitu celého těla. Při práci, která vyžaduje změnu pracovní polohy, musí být umožněna dostatečná volnost a plynulost pohybů. Pokud se při práci používají obě ruce, je potřeba zajistit rovnoměrné zatížení těchto končetin. Zaměříme-li se na ovladače, které jsou součástí stroje na výrobním pracovišti, jejich poloha by měla být v takové výšce, aby na ně pracovník pohodlně dosáhl a nemusel vykonávat nadbytečné pohyby.¹⁷



Obr. 10 – Ergonomie na pracovišti

Pokud pracovník během práce manipuluje s břemeny, měl by mít dostatek prostoru a zvedat je tak, aby co nejméně zatížil zádové svalstvo. Je tedy nutné zajistit proškolení pracovníků, jak s těmito břemeny správně manipulovat. Manipulaci lze ulehčit použitím vozíku či pracovních stolů.¹⁷

1.4 Metody měření spotřeby času práce

S ohledem na neustálé snižování nákladů ve výrobě podniky často používají metody pro zkracování doby procesu. Pomocí těchto metod zjistí, kde leží tzv. úzké místo, tedy jaké pracoviště působí jako trychtýř. Tím mohou včas reagovat na zlepšení, popřípadě zrychlení daného pracoviště tak, aby jeho časová hodnota byla co nejoptimálnější. Časové studie často slouží jako podklady pro tvorbu norem spotřeby práce. Existuje celá řada metod pro měření spotřeby času práce, přičemž některé z nich si přiblížíme v dalších kapitolách.

1.4.1 Snímek pracovního dne

Tato metoda sleduje veškerou spotřebu času během směny. Cílem je získat přehled o spotřebě času, identifikovat plýtvání a zjistit, které činnosti nepřidávají hodnotu. Záznam se provádí do záznamového formuláře (obr. 11). Metodika provádění je následující – v prvním kroku je provedena příprava k pozorování (tvorba záznamového formuláře), následně nastupuje vlastní pozorování, měření a zaznamenávání a v poslední kroku dojde k vyhodnocení. Nutno podotknout, že existuje více druhů těchto snímků. Může se jednat o snímek pracovního dne jednotlivce, čtyř nebo hromadný či vlastní snímek pracovního dne.^{18, 19}

Academy of Productivity and Innovations	Datum: 20. 8. 2010		POZOROVACÍ LIST PRO SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE A SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE		List č: 1
	Směna: ranní				Pozoroval: Dlabač
	Od do: 6:00 - 14:00				Pozorovaný: Fiala
Pracoviště: Montáž (linka 2)			Název stroje (ev. číslo):		
Výrobek 1 (název, číslo): AH 330			Dosažený výr. výkon:		
Výrobek 2 (název, číslo): AH 530			Dosažený výr. výkon:		
Výrobek 3 (název, číslo)			Dosažený výr. výkon:		
Postupný čas	Výpočet času			Symbol	Popis
	od	do	čas		
0:00:00	0:00:00	0:00:01	0:00:01	MP	Mimo pracoviště - hledání prázdné přepravy Práce na vlastním pracovišti - montáž Dokumentace - zápis počtu vyrobených kusů Čekání na díly z lakovny
0:00:01	0:00:01	0:00:02	0:00:01	PVP	
0:00:02	0:00:02	0:00:03	0:00:01	DOK	
0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:01	Č	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>postupný čas odečítaný ze stopky vždy při změně činnosti operátora</div> <div>čas zahájení a ukončení činnosti (dva pod sebou uvedené postupné časy)</div> <div>vypočítaná doba trvání činnosti (od - do)</div> <div>symbol pro popis dané činnosti</div> <div>vysvětlení daného symbolu či poznámka k vykonávané činnosti</div> </div>					

Obr. 11 – Záznamový formulář snímku pracovního dne²⁰

1.4.2 Snímek operace

Cílem této metody je určení času operace či stanovení délky trvání určitého pracovního děje. Často se lze setkat s pojmem chronometráž. Jde o nejpoužívanější metodu pro stanovení výkonových norem. Výsledkem měření je rozdělení operace do několika dílčích úseků a definování problematických úkonů. Údaje se během měření zaznamenávají do připraveného formuláře (obr. 12).^{18, 19}

Metodika je následující – v prvním kroku je nutné se řádně připravit k pozorování (stanovit si cíl, vybrat objekt, seznámit se s výrobním procesem, vybrat stanoviště pozorovatele), druhým krokem je vlastní pozorování, popřípadě měření a zaznamenávání a závěrečný krok se týká vyhodnocení získaných informací (výpočet jednotlivých časů, očištění časové řady, kontrola spolehlivosti měření).¹⁸

Chronometráž operace															
Operace: Montáž razítka										Datum pozorování: 15. 8. 2011					
										od: 6:25 do: 7:00					
										Pozorovací list č.: 1					
										Krycí list č.:					
P. č.	Název měřené části (úkon)	Konečný mezní bod	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr	Poznámka
1	Nalobování matice	Z: uchopení matice K: uchopení měřidla	J	0:00:14	0:00:16	0:00:15	0:00:12	0:00:16	0:00:11	0:00:18	0:00:17	0:00:14	0:00:15	0:00:15	
2	Měření + kontrola	Z: uchopení měřidla K: odložení měřidla	J	0:00:18	0:00:18	0:00:21	0:00:16	0:00:20	0:00:20	0:00:19	0:00:17	0:00:18	0:00:14	0:00:18	
3	Komolace + založení ramene	Z: odložení měřidla K: puštění ramene	J	0:00:32	0:00:38	0:00:44	0:00:15	0:00:04	0:00:38	0:00:21	0:00:02	0:00:48	0:00:24	0:00:14	
4	Převzetí komponentů pro další montáž	Z: puštění ramene K: odložení malé matice	J	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:07	0:00:11	0:00:05	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:08	
5	Upevnění razítka + přesun do výchozí polohy	Z: odložení malé matice K: puštění ramene	J	0:00:52	0:00:27	0:04:01	0:00:33	0:00:28	0:05:01	0:00:48	0:00:22	0:04:10	0:00:52	0:00:20	
6	Uchytcení ramene velkou maticí + zkouška ramene	Z: puštění ramene K: uchopení klíče	J	0:00:14	0:00:14	0:00:16	0:00:16	0:00:15	0:00:18	0:00:18	0:00:18	0:00:15	0:00:12	0:00:16	
7	Dotažení klíčem	Z: uchopení klíče K: uchopení matice	J	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:05	0:00:06	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:10	0:00:11	0:00:08	
Suma (celková průměrná délka trvání operace)													0:01:38		
Uspořádání pracoviště - materiálový tok: - nevhodná uspořádání klíče - materiál nevhodně ergonomicky umístěn (zóny dosahu)			Rozbor pracovních úseků: čas (s)				Převzetí komponentů pro další montáž: Definování opatření: 1. Úprava pracovního postupu (zbytky v dokumentaci, bez předřadit komponenty) 2. 3. 4. 5. 6.								

Obr. 12 – Záznamový formulář snímku operace (chronometráž)²⁰

Způsoby provádění snímků operace:

Plynulá chronometráž, obkročná chronometráž, výběrová chronometráž, snímek průběhu operace, filmový snímek a v neposlední řadě videozáznam.¹⁸

Obecně vzato časové studie přináší řadu výhod. Ať už se jedná o lepší mezilidské vztahy (stálý styk pozorovatele a pracovníka) nebo odhalení problémů v komplexnějším měřítku (výrobní linka). Ovšem vyskytují se i záporné stránky těchto metod, jednou z nich je časová náročnost analýzy a psychické zatížení jak pracovníka, tak pozorovatele.

1.4.3 Čas cyklu (Cycle Time)

V automobilovém průmyslu je čas ceněný zlatem. Proto se pro měření výrobních linek či svařovacích oken používá metoda času cyklu. Jedná se o čas, který linka nebo proces potřebuje na dokončení jednoho výrobního cyklu. Čas cyklu se dále dělí na linkový a operační. Linkový čas cyklu znamená, za jakou dobu je daná výrobní linka schopna vyprodukovat výrobek. Operační vyjadřuje, za jak dlouho proběhne daná operace (vložení materiálu do stroje).²¹

Doba cyklu reflektuje skutečné výrobní možnosti. Doba taktu určuje, jak rychle musí daný proces probíhat, aby došlo ke splnění zákaznických potřeb. Pro splnění požadavků zákazníka musí být doba cyklu vždy kratší než doba taktu.²¹

Čas cyklu se skládá z několika součástí, charakterizujeme si nyní, co znamenají a z jakých složek se skládají.

Kategorie času cyklu

- Systém - první složkou je systém, vztahuje se na dobu, kterou je zapotřebí, než něco projde systémem (návrh nového produktu).
- Výrobek - výrobek nebo procesní cyklus zvažuje časové prvky, které se týkají konceptu komerčního cyklu. Tento čas začíná vyhlášením konceptu a končí úspěšnou realizací.
- Projekt - poslední složkou je projekt označující dobu, která je nutná k přesunutí aktivity z bodu A (začátek) do bodu B (konec).²¹

Prvky času cyklu

- Čas - je komoditou a musí být viděn perspektivně, nemůže být obnoven.
- Načasování - důležitý aspekt plánování.
- Doba trvání - zahrnuje čas potřebný k uskutečnění úkolu nebo činnosti nezávisle na povaze, velikosti či rozsahu (průmysl, vláda).²¹

Druhy času cyklu

- Návrhy – neboli předběžný čas. Zahrnuje čas, který se týká přinášení myšlenky nebo konceptu do okamžiku, kdy jsou k dispozici informace, na jejichž základě je možné podniknout vhodné kroky.
- Rozhodnutí – jedná se o přijetí rozhodnutí. Závisí na počtu osob v rozhodovacím toku.
- Rozhodnutí o činnosti – od okamžiku rozhodnutí až po konání činnosti může dojít také k prodlevě (chybějící lidské zdroje, vybavení).
- Činnost – skutečný čas trvání pracovní operace, může být ovlivněn řadou neznámých faktorů.
- Činnosti k implementaci – průběh od doby návrhu až po realizaci často vede ke ztrátě na konci cyklu činnosti. Zejména, když je hlavní cíl rozdělen na mnoho menších segmentů.²¹

Výpočet času cyklu

Doba cyklu nám tedy určí, jak dlouho trvá daný proces. Pomocí této metody lze určit proces, který trvá nejdelší dobu, a vypočítat, kolik by měla daná linka vyrábět kusů buď za směnu, či za hodinu (UPH – unit per hour). Doba cyklu obsahuje čas zpracování, čas pohybu pracovníka a dobu čekání.

Výpočet doby cyklu

$$\text{Čas cyklu} = \text{Čas zpracování} + \text{Čas pohybu} + \text{Čas čekání} \text{ [s]} \quad (1)$$

Výpočet počtu kusů za hodinu (UPH)

$$\text{UPH} = \frac{3600}{\text{Čas cyklu}} \text{ [s]} \quad (2)$$

Výpočet počtu kusů za směnu

$$\frac{\text{Ks}}{\text{směna}} = \text{UPH} \cdot \text{čas směny} \text{ [s]} \quad (3)$$

1.5 Vícekriteriální rozhodování

V této kapitole se zaměříme na rozhodování neboli na rozhodovací proces. Obecně vzato rozhodovací proces znamená volbu jedné varianty (nebo několika) ze seznamu v dané situaci potenciálně realizovatelných variant. Rozhodnutí je výsledkem rozhodovacího procesu. Rozhodování patří mezi klíčové manažerské funkce. Vybraná alternativa by měla být pro výrobu či jiný proces optimální. Nekvalitní rozhodování může být jednou z významných příčin podnikatelského neúspěchu.¹¹

Dělení rozhodovacích procesů:

- Za jistoty - k dispozici jsou úplné informace, známe důsledky variant.
- Za rizika - jsme schopni zajistit budoucí možné situace, které mohou nastat.
Známe pravděpodobnost výskytu těchto stavů.
- Za nejistoty - není známa pravděpodobnost výskytu přírodních pohrom.¹¹

Dalším kritériem pro dělení rozhodovacích procesů je jejich závažnost pro podnik. Dělí se tedy na strategická, taktická a operativní.¹¹

Prvky rozhodovacího procesu:

- Cíl - budoucí stav systému, kterého se má realizací některé varianty dosáhnout.
- Subjekt rozhodování - rozhodovatel (jednotlivec, skupina lidí).
- Objekt rozhodování - část objektivní reality, v rámci které byl formulován problém.
- Kritéria rozhodování - hlediska zvolená rozhodovatelem, dle kterých je posouzena vhodnost jednotlivých variant (výnos, náklad).
- Varianta - způsob jednání rozhodovatele, který má vést k řešení problémů.¹¹

Rozhodování je jádrem řízení a základní povinností i právem manažera. Kvalita rozhodnutí má přímý vliv na výkon organizace a spokojenost jejích členů. Tato rozhodnutí často ovlivňují kvalitu života lidí, zaměstnanců. Náplní rozhodování je to, jak využívat zdroje (lidské, finanční, časové). Rozhodovací procesy mívají určité společné rysy, bez ohledu na jejich odlišnou obsahovou náplň.

1.5.1 Rozhodování za jistoty (metoda vážených dílčích pořadí)

Rozhodování za jistoty využívá vícekritériálního rozhodování. Metody, které se používají, jsou například metoda vážených dílčích pořadí, metoda bazická, metoda PATTERN atd. Nejprve je nutné stanovit koeficienty významnosti vybraných kritérií. Tyto koeficienty lze stanovit pomocí metod pořadí, známkování a porovnání v trojúhelníku párů.¹⁸

V této diplomové práci se pro výběr optimálního svařovacího robota použije metoda vážených dílčích pořadí. Pro stanovení koeficientu významnosti se použije metoda pořadí. Postup bude zobrazen v třetí části, tedy v identifikaci úzkých míst.¹⁸

Metoda pořadí

Postup:

1. Každý expert musí podle vlastního uvážení přiřadit každému kritériu jednoznačné pořadí (1, 2 ..., n). Čím je kritérium významnější, tím má lepší pořadí.
2. Hodnocení jednotlivých expertů shrneme do tabulky.
3. Provedeme propočet dle uvedených vztahů.

$$\alpha_j = \sum_{k=1}^p \alpha_{kj} \quad (4)$$

Koeficient významnosti (B) j-tého kritéria je pak dán vzorcem:

$$B_j = 1 - \frac{\alpha_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j} \quad (5)$$

Kde: p – počet expertů

m – počet kritérií

α_{kj} – číslo pořadí přiřazené k-tým expertem j-tému kritériu

α_j – součet pořadí přiřazených všemi experty j-tému kritériu¹⁸

Výpočet koeficientu shody

Určuje, jaká je shoda výpovědí jednotlivých expertů.

$$w = \frac{12 \sum_{j=1}^m \left[\sum_{k=1}^p \alpha_j - \frac{p(m+1)}{2} \right]^2}{p^2(m^3 - m)} \quad (6)$$

Kde: w – koeficient shody

m – počet kritérií

p – počet expertů [18]

Jestliže je koeficient shody roven 0, jedná se o naprostou rozdílnost hodnocení. Vychází-li pod hranici hodnoty 0,5, je nutné, aby si experti vzájemně vyměnili názor, jestliže ani pak nedojde k vyhovující shodě, je nutné experty vyměnit. V případě, že vyjde 1, jedná se o úplnou shodu hodnocení.¹⁸

Metoda vážených dílčích pořadí

Postup:

1. Zjistíme potřebné informace k jednotlivým variantám.
2. Stanovíme dílčí pořadí hodnocených variant, v němž uspokojují jednotlivá kritéria (nutné rozlišovat kritéria typu „náklady“ (-) a kritéria typu „výnosy“ (+)). Čím je hodnota lepší, tím má vyšší pořadí.
3. Vynásobíme dílčí pořadí příslušnými koeficienty významnosti (B_j , B_{jN}).
4. Sečteme vážená dílčí pořadí pro každou variantu (S_j).
5. Vyhodnotíme výsledky (V_j) – na prvním místě je ta varianta, která má minimální hodnotu součtu dílčích pořadí.¹⁸

1.6 Užitečnost teoretických znalostí

Heslem současnosti, používaným jak v souvislosti s národním hospodářstvím, tak na úrovni managementu společnosti, je neustálý nárůst produktivity. Jedna z definic říká, že produktivita je míra, která vyjadřuje, jak dobře jsou využity zdroje při vytváření produktů. Produktivita je úzce spjatá s pojmem plýtvání. Pokud hovoříme o plýtvání, často máme na mysli vše, co nepřidává produktu hodnotu nebo ho nepřibližuje zákazníkovi. Plýtváním se tedy rozumí nadvýroba, čekání, nadbytečná manipulace či zbytečné pohyby.

Produktivita a plýtvání jsou součástí oboru průmyslového inženýrství. Jedná se o interdisciplinární obor, který se zabývá projektováním, zaváděním a zlepšováním integrovaných systémů lidí, strojů, materiálů a energií, jehož cílem je dosáhnout co nejvyšší produktivity. Průmyslové inženýrství je poměrně mladý inženýrský obor, a proto má tu výhodu, že se neustále vyvíjí a rychle reaguje na změny, které probíhají v jeho okolí.²²

Teoretická východiska zadané problematiky nám měla objasnit a zpřehlednit, o čem bude pojednávat tato diplomová práce. Pokud se podíváme na kapitolu výrobních linek, kde je definováno jejich rozdělení, lze konstatovat, že tato část bude stěžejní, jelikož řešená optimalizace bude probíhat na svařovací lince, která se skládá ze svařovacích oken.

Robotické svařovací systémy byly charakterizovány proto, že v dalších kapitolách dojde k výběru optimálního svařovacího robota a zdroje do budoucí svařovací linky. Tento výběr se provede pomocí vícekritériálního rozhodování.

Jelikož nedílnou součástí každého výrobního cyklu je lidská síla, třetí kapitola přibližuje náplň práce operátora a jeho fyzické zatížení, které se řeší metodou ergonomie. Na dané lince jsou celkem dva operátoři.

Pro zjištění, zda navrhované řešení bylo přínosem, či nikoli, nám poslouží metoda měření spotřeby času práce, zejména metoda času cyklu.

2 Analýza současného stavu

Obsahem této kapitoly bude představit společnost, kde tato diplomová práce vznikla, popsat používané technologie ve výrobě, uvést seznam produktů a v neposlední řadě provést analýzu stavu linky, na které proběhne optimalizace.

2.1 Společnost DONGHEE Czech s.r.o.

Tato společnost představuje předního výrobce náprav a jejich částí. Jedná se o palivové nádrže, pedálové moduly, střešní systémy a také části karosérií automobilů. Společnost DONGHEE Czech spadá pod mateřskou společnost DONGHEE Industrial Co., LTD., je tedy součástí holdingu.²³

2.1.1 Historie DONGHEE Group

V korejském automobilovém průmyslu tato společnost zaujímá přední příčky. Portfolio výrobků je velmi rozsáhlé – vyrábí palivové nádrže, podvozkové díly a střešní okna. Historie této společnosti se datuje až do roku 1972, tehdy začala vyrábět textilní stroje, průmyslové kontejnery a automobilové součásti pod názvem Dongseung Co., LTD.

Dnešní podoba společnosti, tedy holding DONGHEE Industrial Co., LTD., byla založena v roce 1986. Logo společnosti vidíme na přiloženém obrázku (obr. 13). Součástí tohoto holdingu je 9 dceřiných společností, jejichž přehled včetně předmětu jejich výroby v holdingu DONGHEE Industrial Co., LTD, přináší tabulka 3. Společnost rovněž dbá o rozvoj lidských zdrojů, do kterých investuje čas. Management společnosti si je vědom toho, že lidské zdroje jsou klíčovým faktorem při řízení a zajišťování technologie světové úrovně.²³



Obr. 13 – Logo společnosti DONGHEE Industrial Co., LTD.²³

Tab. 3 – Společnosti v holdingu DONGHEE Industrial Co., LTD. ²³

Název společnosti	Předmět výroby
DONGHEE Industrial Co., LTD.	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly
DONGHEE Auto Co., LTD	Malá auta, společný podnik s KIA Motors
Webasto DONGHEE Co., LTD	Střešní okna, společný podnik s WEBASTO
DONGHEE Precision Co., LTD.	Pedály a systémy zavěšení
DONGHEE Co., LTD.	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly, pedály a pláště náprav
DONGHEE HI-TECH Co., LTD.	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly
DONGHEE Slovakia s.r.o.	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly
DONGHEE Czech s.r.o.	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly, pedály
DONGHEE Russia LLC	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly
DONGHEE Turkey s.r.o.	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly

2.1.2 Historie DONGHEE Czech s.r.o.

Společnost vznikla 27. února 2007 a nachází se v Českém Těšíně (obr. 14). Tohoto roku byla započata také samotná stavba výrobní haly. V září následujícího roku se zahájila sériová výroba komponentů pro model Hyundai i30 ve zkušebním provozu. V dalších letech společnost rozšiřovala svou výrobu pro modely Hyundai ix20 a Kia Venga. Rok 2011 byl pro společnost stěžejní, jelikož získala certifikát kvality Quality 5 Star Evaluation Result od společnosti Hyundai Motor Manufacturing Czech s.r.o. Dále úspěšně absolvovala audity dle norem ISO/TS 16949, ISO 14001. V letech 2011 a 2013 obdržela Národní cenu kvality České republiky. V následujícím období společnost investovala do výrobních linek (Hyundai Tucson), rozšiřovala svou produkci (výroba pedálů) a v roce 2016 začala využívat novou technologii na výrobu palivových nádrží. ²³

Obr. 14 – DONGHEE Czech s.r.o. ²⁴

Základní údaje o společnosti DONGHEE Czech s.r.o.

Základní údaje o společnosti shrnuje tabulka 4. Skupina DONGHEE se zaměřuje na výrobu dílů nezatažujících životní prostředí, produkty z lehkých materiálů a pokrokových elektronických dílů používaných v automobilech budoucnosti, čímž si upevňuje pozici technologického leadera v automobilovém průmyslu na domácí půdě. Společnost roste jako zákaznický orientovaná společnost, která se vždy zaměřuje na nejvyšší kvalitu a konkurenceschopnost i v případě malých dílů.²⁴

Tab. 4 – Základní údaje o společnosti DONGHEE Czech s.r.o.²³

Datum vzniku a zápisu:	27. února 2007
Obchodní firma:	DONGHEE Czech s.r.o.
Sídlo:	Český Těšín, Průmyslová 2060
Identifikační číslo:	277 93 117
Právní forma:	s.r.o.
Jednatel:	Hoe Dong Yeo
Společník:	DONGHEE Industrial Co., LTD
Vklad:	135 842 tis. Kč
Splaceno:	100 %
Obchodní podíl:	100 %
Základní kapitál:	135 842 tis. Kč
Předmět podnikání:	výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona







Cílem je být globální společností, která využívá nejnovější znalosti a informace, moderní technologie a odpovídající systémy řízení. Společnost se zavazuje k trvale udržitelné produktivitě, což znamená záruku spolehlivosti, trvalých výsledků a zodpovědného využívání zdrojů – lidských, přírodních i kapitálových. Společnost dbá na kvalitu výroby, včasnost dodávek, efektivnost a účinnost procesu, bezpečnost práce, ochranu životního prostředí, školení pracovníků, snižování dopadů do životního prostředí, plnění právních a jiných požadavků, komunikaci a legislativu.

Zaměstnanci této společnosti se zapojují do procesu neustálého zlepšování, do plánovaného výcviku, dodržují stanovené předpisy a pravidla a samozřejmě plní očekávání s ohledem na produktivitu a efektivnost výroby.²³

2.2 Produkty DONGHEE Czech s.r.o.

Jak již bylo zmíněno v kapitole o historii společnosti, hlavním odběratelem je automobilka Hyundai a Kia. Produkty této společnosti jsou spjaty právě s těmito podniky. Příložená tabulka (tab. 5) uvádí jednotlivé produkty.

Tab. 5 – Přehled produktů²⁴

Automobil	Produkt
Kia Sportage 	Pedály
Hyundai i30 (2. generace / 3. generace)  	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly
Hyundai ix20 / Kia Venga  	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly
Hyundai Tucson 	Palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly, pedály

Palivové nádrže procházejí celkem třemi procesy: svařováním, lakováním a montáží. Během montáže se provádí několik testů, které se zaměřují na těsnost a funkčnost. Společnost Donghee Czech s.r.o. patří mezi přední evropské výrobce palivových nádrží v holdingu DONGHEE Industrial Co., LTD.

Přední a zadní podvozkové díly procházejí čtyřmi procesy: svařováním, lakováním, obráběním a montáží. Montáž má na starosti lisování nalakovaných dílů, zejména gumových pouzder pro pružné napojení ke karoserii vozidla.

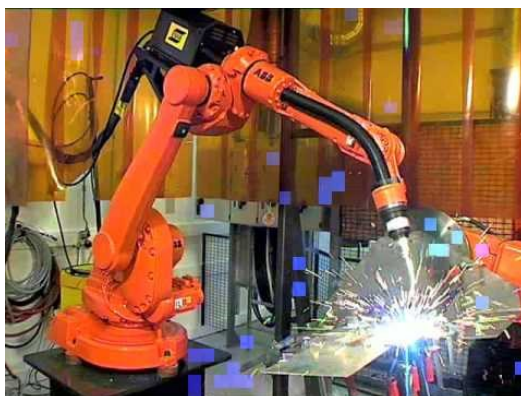
Spojkové, plynové a brzdové pedály jsou tvořeny pomocí tří procesů: svařování, montáže a testování. Na montážní lince se jednotlivé díly kompletují v jeden celek. Následně se provádí vizuální kontrola funkčnosti pomocí elektronického zařízení.²³

2.3 Technologie používané ve výrobě

Výrobky procházejí oddělením svařovny, lakovny a montáže. Všechna tato pracoviště na sebe musí vzájemně navazovat a dbát na to, aby nedocházelo k zbytečným prodlevám, zejména v případě poruchy. Řízení výroby se dnes již neobejde bez informačních technologií. Koncepce informačního systému by měla být zvolena tak, aby odpovídala přijaté obchodní a na ni navazující výrobní strategii firmy. Dále musí být splněn požadavek kompatibility funkcí informačního systému se zvolenou koncepcí řízení výroby. Jinak tomu není ani u společnosti DONGHEE Czech.²⁵

Svařovna

Toto oddělení se zabývá výrobou zejména předních a zadních podvozkových dílů. Svařují se zde ocelové lisované nebo obráběné díly, které jsou následně spojovány v celek obloukovým svařováním s přídavným materiálem v ochranné atmosféře směsi argonu a CO₂. Svařovací linky a okna (obr. 15) jsou vybaveny PLC roboty značek OTC-Daihen a Nachi.²⁴



Obr. 15 – Svařovací linky a okna [24]

Lakovna

Úkolem lakovacího oddělení (obr. 16) je, aby byl daný produkt (palivové nádrže, přední a zadní podvozkové díly) správně očištěn a nalakován. Lak se následně vytvrzuje vypalováním. Lakovna je vybavena automatickou elektroforézní lakovací linkou Eisenmann a poloautomatickou stříkací linkou Eisenmann.²⁴



*Obr. 16 – Lakovna*²⁴

Montáž

Nalakované díly se dále ručně nebo strojově skládají v jeden ucelený produkt. Výsledkem samotné montáže je finální výrobek, který je dodáván zákazníkovi. Přiložený obrázek (obr. 17) ilustruje montážní linky ve společnosti DONGHEE Czech.²⁴



*Obr. 17 – Montážní linky*²⁴

Ve výrobě je uplatňován koncept štíhlé výroby. Spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a poptávku, která je řízena decentralizovaně, prostřednictvím flexibilních pracovních týmů a při malé hloubce výroby. Tzv. lean management je tedy zaměřen na optimalizaci procesů a také na co největší uspokojování potřeb zákazníka. Součástí této koncepce je také technika TQM (Total Quality Management), která klade důraz na řízení kvality ve všech dimenzích života organizace. Znamená to úplné zapojení všech pracovníků organizace, dále přijetí principů kvality v celé organizaci a v neposlední řadě i těch principů, které se prolínají všemi úrovněmi řízení.²⁵

2.4 Svařovací otočné stoly (JIG turn)

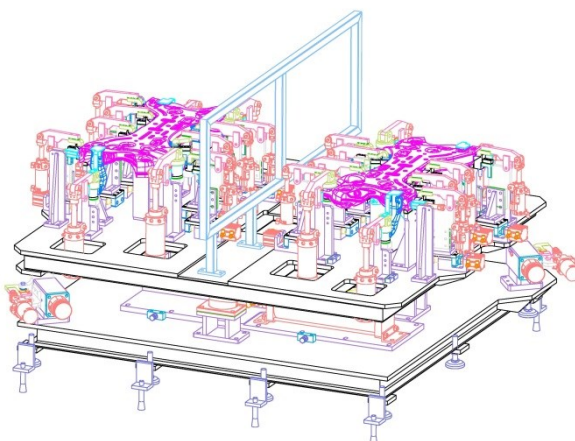
Společnost DONGHEE Czech používá svařovací otočné stoly na svařovacích linkách. Existují dva typy těchto stolů – prvním je otočný stůl, jehož otáčení je regulováno pomocí hydrauliky (stlačený vzduch), druhým pak otočný stůl, kde se otáčení reguluje pomocí elektrických komponentů, zejména elektromotoru. Ve výrobě jsou použity oba typy těchto stolů. Problémem však je, že stoly s otáčením pomocí stlačeného vzduchu jsou více náchylné k mechanickým poškozením a často jsou příčinou nekvalitní produkce.

Zaměříme-li se na první typ otočných stolů, lze spatřit výhody a nevýhody, které obnáší jejich provoz (tab. 6). Nutno podotknout, že ve výrobě se můžeme setkat s pojmem JIG turn, což označuje právě již zmíněný svařovací otočný stůl (obr. 18).

Tab. 6 – Výhody/nevýhody svařovacích otáčecích stolů

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none">■ Použití při nedostatku prostoru■ Operátor nakládá, zatímco se výrobek svařuje	<ul style="list-style-type: none">■ Časté praskání hřídelí■ Hmotnost■ Rychlost otáčení■ Dorazy při otáčení

Pokud se zaměříme na nevýhody těchto stolů, za hlavní problém lze označit praskání hřídelí. Jeho příčina spočívá v hmotnosti otočného stolu, která činí 2 tuny. Byla odzkoušena hřídel vyrobená z jiného materiálu, vyšší pevnosti, avšak tento problém zůstal. Další zásadní komplikaci představuje otáčení stolu, pokud se totiž stůl rychleji otočí, narazí do dorazů, které určují polohu stolu. Tím pádem dojde k vyvracení ideální pozice samotného produktu a to má za následek špatné umístění svarů.



Obr. 18 – Svařovací otočný stůl

2.5 Svařovací linka zadních podvozkových dílů

(Tle RR X/MBR 2WD (MBR NO. 2))

Svařovací otočný stůl, jehož princip provozu je založen na hydraulickém řešení, tvoří součást svařovací linky zadních podvozkových dílů. Konkrétně poslední svařovací okno obsahuje tento otočný stůl. Lze tedy odvodit, kde se nachází úzké místo v této výrobní svařovací lince. Způsob určení tohoto místa bude podrobněji specifikován v následující kapitole. Zaměříme se nyní na popis této svařovací linky.

2.5.1 Popis svařovací linky

Součástí svařovací linky, která se specializuje na výrobu komponentu pro zadní nápravy automobilů značky Hyundai Tucson, jsou celkem čtyři svařovací okna. Podnikový název svařovací linky je Tle RR X/MBR 2WD (MBR NO.2). Linka se nachází v zadní části výrobní haly, kde jsou umístěny také další výrobní linky zaměřující se na produkci jednotlivých dílů, které obsahuje finální zadní náprava. Přiložený obrázek (obr. 19) ukazuje danou výrobní linku zadních podvozkových dílů.

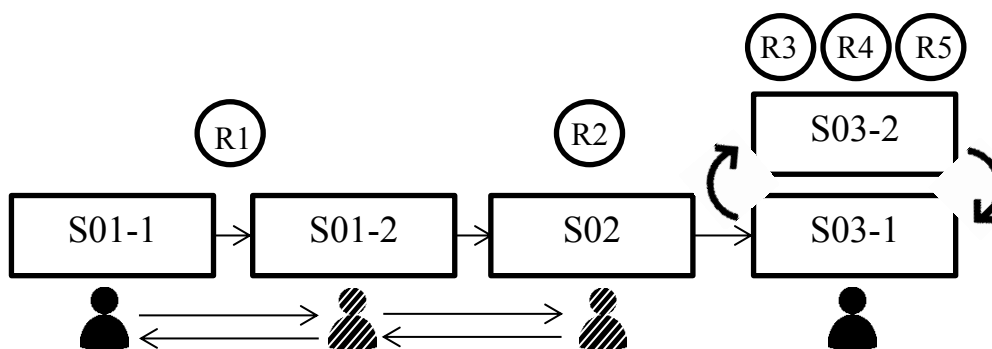


Obr. 19 – Svařovací linka zadních podvozkových dílů

Jednotlivá svařovací okna jsou označena písmenem S, což informuje o tom, že se jedná o sublinku. Sublinka je označení pro tzv. podřazené výrobní linky vůči hlavním. Jejich výroba je důležitá a musí zabezpečit díly či materiál pro hlavní výrobní linky. Pokud tato sublinka nevyrábí požadované množství výrobků, hrozí zastavení produkce hlavní linky, což může vést k neplnění požadovaných norem, zastavení montážní linky a v krajních případech také odstavení výrobní linky u odběratele těchto produktů.

2.5.2 Průběh operací během výroby

Jak již bylo řečeno, linka obsahuje čtyři svařovací okna, která na sebe navazují a pracují souběžně. Obrázek 20 znázorňuje schematické zpracování této výrobní linky. Nutno podotknout, že na průběhu operací se podílí také dva pracovníci, přičemž první z nich operuje na třech svařovacích oknech a druhý se zaměřuje na poslední svařovací okno, které obsahuje otočný svařovací stůl.

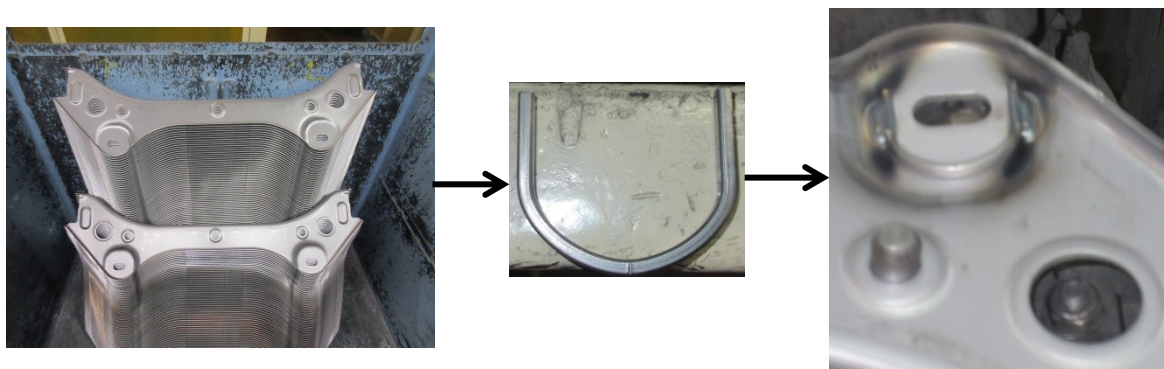


Obr. 20 – Schéma svařovací linky zadních podvozkových dílů

Svařovací okno S01-1, S01-2

Toto označení vypovídá o tom, že první svařovací okno je zdvojené. Rozdíl však spočívá v tom, že první svařovací okno je určeno pro výrobu předních dílů a druhé pro výrobu zadních dílů.

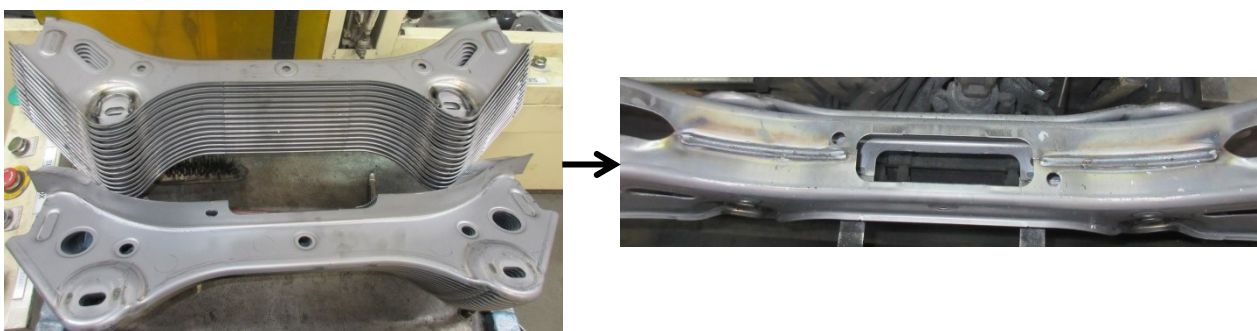
Pracovník v prvním svařovacím okně (S01-1) naloží lisovaný díl a speciální obruč do zařízení a následně zmáčkne startovací tlačítka. Zařízení upne tyto díly a pracovník zkontroluje, zda jsou na správné pozici. Následně zmáčkne startovací tlačítka, poté sjede svařovací plachta a svařovací robot začne pracovat. Po dokončení procesu svařování pracovník vytáhne tento díl a zkontroluje kvalitu. Stejný sled práce opakuje i v následujícím okně (S01-2). Postup lze zpozorovat na přiloženém obrázku (obr. 21).



Obr. 21 – Svařovací okno S01

Svařovací okno S02

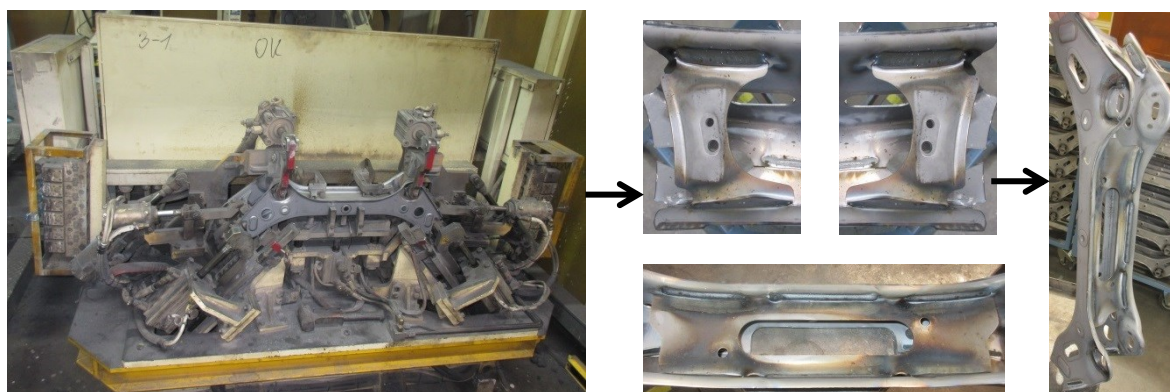
V druhém svařovacím okně dochází k spojení dílů z předešlých pracovišť. Pracovník nejprve vloží díl z prvního svařovacího okna (S01-1) a zmáčkne startovací tlačítka. Po upnutí naloží do zařízení díl ze svařovacího okna (S01-2) a provede stejný postup jako předtím. Díly následně zapadnou do sebe. Pracovník zmáčkne ještě jednou startovací tlačítka, poté sjede svařovací plachta a svařovací robot začne svařovat. Po zavaření pracovník zkontroluje kvalitu produktu a pře pošle k poslednímu svařovacímu oknu. Postup je znázorněn na přiloženém obrázku (obr. 22).



Obr. 22 – Svařovací okno S02

Svařovací okno S03-1, S03-2

V posledním svařovacím okně dochází k vyztužení těchto spojených dílů. Pracovník vloží do zařízení spojený díl a poté do něj vloží střední a boční výztuhy. Následuje zmáčknutí startovacích tlačítek, po upnutí pracovník zkontroluje polohu všech dílů, a pokud je vše v pořádku, zmáčkne napodruhé startovací tlačítka. Stůl se otočí a přesune tento díl do prostoru svařovacích robotů (celkem tři). Po svaření těchto výztuh se stůl otočí a pracovník provede kontrolu kvality tohoto produktu. Produkt se následně umístí do vozíku a po jeho naplnění se přesunuje k prostorům hlavní výrobní linky zadních náprav. Postup je znázorněn na přiloženém obrázku (obr. 23).



Obr. 23 – Svařovací okno S03

2.5.3 Specifikace produktu výrobní linky

Svařovací linka slouží pro výrobu komponentů zadní nápravy automobilů Hyundai Tucson s pohonem předních kol (4x2). Přehled jednotlivých druhů těchto aut a jejich motorizace shrnuje tabulka 7.

Tab. 7 – Motorizace vozu Hyundai Tucson²⁶

Motor	Výkon (kW/k)	Pohon	Náprava
2.0 CRDi	136/186	4x4	Tle RR X/MBR 4WD
1.6 T-GDi	130/177	4x4	Tle RR X/MBR 4WD
1.7 CRDi	104/141	4x2	Tle RR X/MBR 2WD
1.6 GDi	97/132	4x2	Tle RR X/MBR 2WD

Hyundai Tucson je pohodlné SUV nižší střední třídy. Vyrábí se s pohonem předních kol (4x2) nebo s pohonem všech kol (4x4). Tento vůz se dodává ve třech základních specifikacích, a to Tucson, Triolor a Style. Tucson patří mezi jedno z nejoblíbenějších aut v České republice. Za poslední rok si jej koupilo 3 576 zákazníků. Obecně vzato je čtrnáctým nejprodávanějším vozem v tomto státě. Podíváme-li se na prodejnost mezi vozy SUV, je tento vůz na čtvrtém místě.²⁶

Umístění zadní nápravy v daném vozidle a určení pozice konkrétního dílu je zobrazeno na přiloženém obrázku (obr. 24). Tento díl představuje důležitý prvek stability zadní nápravy, jelikož spojuje pravou a levou část této nápravy.



Obr. 24 – Umístění zadní nápravy ve vozidlu Hyundai Tucson²⁶

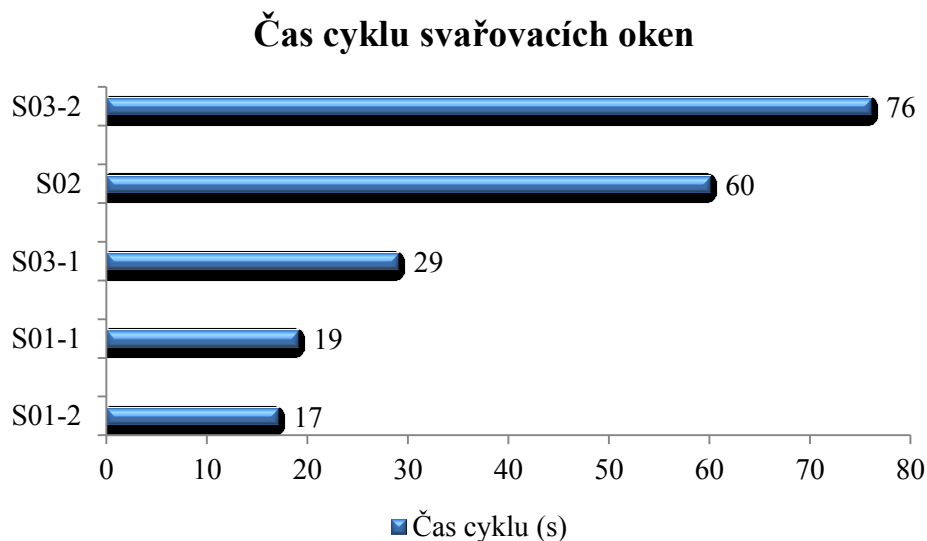
3 Identifikace úzkých míst

Cílem této kapitoly je určit, kde se nachází úzké místo procesu, tedy místo, které je extrémně vytížené a v němž by bylo potřeba průtok materiálu urychlit. Obecně vzato je výrobní linka tak rychlá jako její úzké místo.

Identifikace úzkého místa výrobní linky zadních podvozkových dílů spočívala na metodě času cyklu (cycle time). Nejprve byla změřena jednotlivá okna v průběhu výroby. Následně se vymezily jednotlivé postupy, které praktikuje daný pracovník či svařovací robot, s přiřazením doby trvání těchto operací. Ve finále se jednotlivé doby operací u konkrétního svařovacího okna sečetly a došlo k určení celkového času cyklu u konkrétního svařovacího okna. Jakmile byl ke všem svařovacím oknům na dané lince přiřazen čas cyklu, mohl být učiněn další krok, tedy určení nejvyššího času cyklu (úzkého místa). Dle něho pak bylo stanoveno množství produktů, které vyrobí daná linka v průběhu pracovní směny. Čas cyklu jednotlivých svařovacích oken bude dále podrobněji vysvětlen v příložené tabulce (tab. 8) a grafu (graf 1).

Tab. 8 – Stanovení času cyklu svařovacích oken výrobní linky

Svařovací okno	Čas cyklu (Cycle time)		
	Pracovník [s]	Stroj [s]	Celkem [s]
S01-1	18	20	38
S01-2	12	22	34
S02	16	44	60
S03-1	25	4	29
S03-2	5	71	76



Graf 1 – Čas cyklu svařovacích oken

Z výsledků měření vyplývá, že úzkým místem této výrobní linky je svařovací okno S03-2, které je vybaveno otočným stolem (turning JIG). Jelikož první svařovací okno je zdvojené, tato hodnota se dělí dvěma. Výsledný čas cyklu je určen nejvyšší dělenou hodnotou, tedy 19 sekund. Tato zdvojená okna S01-1, S01-2 vykazují odlišné hodnoty času cyklu. Může to být způsobeno pohybem pracovníka, jeho rychlostí, ale také dobou svařování. Nic to však nemění na tom, že naše pozornost směřuje k urychlení svařovacího okna S03. Nutno podotknout, že měření probíhalo v průběhu výroby, kdy nebyly hlášeny žádné poruchy na dané lince.

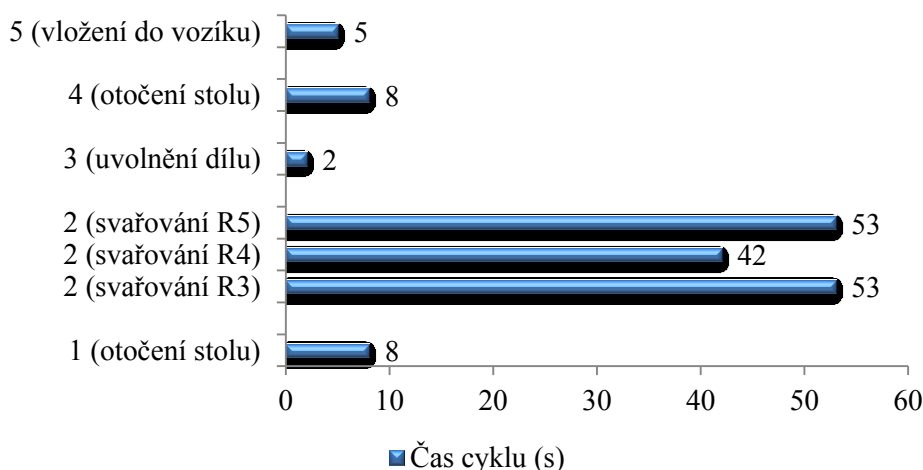
Svařovací okno S03-1, S03-2

Průběh operací a jejich časové trvání na tomto svařovacím okně zachycuje následující tabulka (tab. 9). Grafické znázornění je uvedeno v příloženém grafu (graf 2).

Tab. 9 – Stanovení času cyklu svařovacího okna S03-1,2

Svařovací okno	Číslo	Operace	Čas cyklu (Cycle time)		
			Pracovník [s]	Stroj [s]	Celkem [s]
S03-1	1	Vložení dílů do stroje	15		29
	2	Automatické upevnění dílů		4	
	3	Kontrola dosedu	10		
S03-2	1	Otočení stolu		8	76
	2	Svařování (robot R3)		53	
		Svařování (robot R4)		42	
		Svařování (robot R5)		53	
	3	Automatické uvolnění dílu		2	
	4	Otočení stolu		8	
	5	Vložení do vozíku	5		

Čas cyklu S03-2



Graf 2 – Čas cyklu svařovacího okna S03-2

Z přiložené tabulky a grafu lze vyčíst, že nejvyšší čas procesu zabírá svařování, zejména svařovací roboty R3 a R5. Je to zapříčiněno zejména rozdělením jednotlivých svarů, tyto roboty tedy svařují větší počet svarů než svařovací robot R4. Pro stanovení celkového času cyklu se bere nejvyšší čas svařování, v našem případě tedy hodnota 53 sekund.

Stanovení počtu vyráběných produktů za směnu

Po zjištění nejvyššího času cyklu dané svařovací linky se s touto hodnotou počítalo i nadále. Výpočty byly provedeny dle vzorců (7, 8).

Výpočet počtu kusů za hodinu (UPH)

$$UPH = \frac{3600}{\text{Čas cyklu}} = \frac{3600}{76} = 47 \text{ ks} \quad (7)$$

Výpočet počtu kusů za směnu

Jelikož tato linka pracuje na třisměnný provoz, uvádíme hodnotu času směny 7,34 hod. Tato hodnota vyjadřuje čas směny u třisměnného provozu po odečtení zákonných přestávek. Přestávky představují 40 minut (10 minut + 30 minut) v závislosti na hodině je výsledek 0,66 (40 minut / 60 minut = 0,66 hod). Po odečtení od osmihodinové pracovní doby je výsledkem 7,34 hod (8 hod - 0,66 hod).

$$\frac{Ks}{\text{směna}} = UPH \cdot \text{čas směny} = 47 \cdot 7,34 = 344 \text{ ks} \quad (8)$$

Pokud zaměříme pozornost na rozdělení prací u této výrobní linky, je zřejmé, že většinu z nich vykonávají svařovací roboty (přesněji 49 %), až pak následují strojová zařízení (upevněním uvolnění, natočení) s podílem 19 %. Lidská práce je však nezbytnou součástí tohoto procesu a tvoří 32 % z celkové práce.

Pokud chceme dosáhnout efektivnější výroby, je nutné zaměřit pozornost na poslední svařovací okno (S03), které zpomaluje celkovou produkci této linky. Jelikož daný podnik preferuje principy štíhlé výroby, je přestavba této linky vnímána jako proces neustálého zlepšování (Kaizen). Při každé inovaci a zlepšení bereme v úvahu, aby výsledek nebyl kontraproduktivní pro výrobu, ale přinášel zisk a zdokonaloval výrobní procesy.

4 Cíle diplomové práce

Po zjištění času cyklu výrobní svařovací linky a před samotnou inovací či přestavbou je nutné si stanovit konkrétní cíle, které by měly být v samotném závěru splněny. Prvním z nich je zrychlení výrobní linky, tedy zvýšení efektivity. Druhým cílem je snížení času cyklu výrobní svařovací linky, čímž dojde k zvýšení produkce. Třetí cíl se zaměřuje na ergonomické uspořádání nového pracoviště – čím lepší bude ergonomie, tím lepší bude pracovní prostředí. Čtvrtý cíl řeší kvalitu výroby, tedy kondici svarů, které má na starost svařovací robot. Mezi další cíle, které budou řešeny, se řadí uspořádání výrobní linky, pracovního prostředí, bezpečnost pracoviště a umístění svařovacích robotů.

Cíle diplomové práce:

- Zvýšení produktivity svařovací výrobní linky,
- snížení času cyklu,
- zlepšení kvality produktu,
- zlepšení kondice svaru,
- ergonomie pracoviště,
- bezpečnost pracoviště,
- uspořádání svařovací výrobní linky,
- volba svařovacího robota,
- umístění svařovacích robotů,
- zlepšení pracovního prostředí.

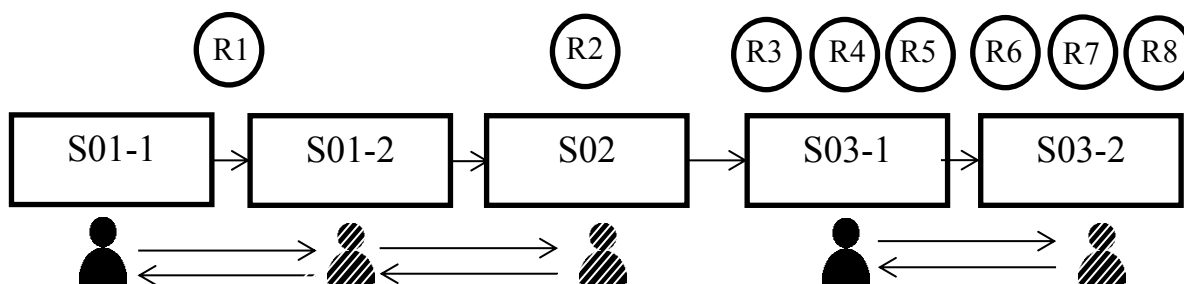
5 Návrhy inovací výrobní linky

Inovace výrobní linky se může jevit jako vcelku jednoduchý pojem. Nesmíme však zapomenout na všechny důsledky, tedy výhody a nevýhody, které inovace přináší. Dbáme na to, aby výsledná inovace a podoba výrobní linky byly co nejlepší, nejefektivnější, funkční a přijatelné pro pracovníka, který danou linku obsluhuje. Dále se snažíme, aby vyřešením daného úzkého místa nevzniklo další úzké místo v jiném okně. Jednoduše řečeno, všechna svařovací okna výrobní linky by měla být správně vyvážená.

Z předešlé kapitoly víme, kde se nachází úzké místo této výrobní linky, proto cílem přestavby bude poslední svařovací okno (S03). V plánu přestavby figurovaly celkem dva návrhy nové svařovací výrobní linky. Ani jeden z nich nebere v úvahu možnost ponechání otočného svařovacího stolu. Pozornost se ubírá na počet svařovacích robotů, které by měla nová výrobní linka obsahovat. Všechny tyto plány budou nyní popsány a vyhodnotíme jejich klady a zápory. Následně bude zvolen finální plán pro přestavbu této svařovací výrobní linky.

5.1 Varianta I

V prvním návrhu nové výrobní linky bylo přidáno nové svařovací okno a tři svařovací roboty (obr. 25). Počet pracovníků by zůstal stejný (dva pracovníci). Nastává však problém s úzkým místem, které by se přemístilo z posledního okna na okno S02. Zde by se hromadily rozpracované produkty a celkově by toto svařovací okno působilo jako trychtýř. Dalším problémem by byl nedostatek finálních vozíků, do nichž pracovník ukládá hotový produkt z této linky. A v neposlední řadě také časová a finanční náročnost této přestavby. Výhody a nevýhody tohoto návrhu přestavby shrnuje přiložená tabulka (tab. 10).



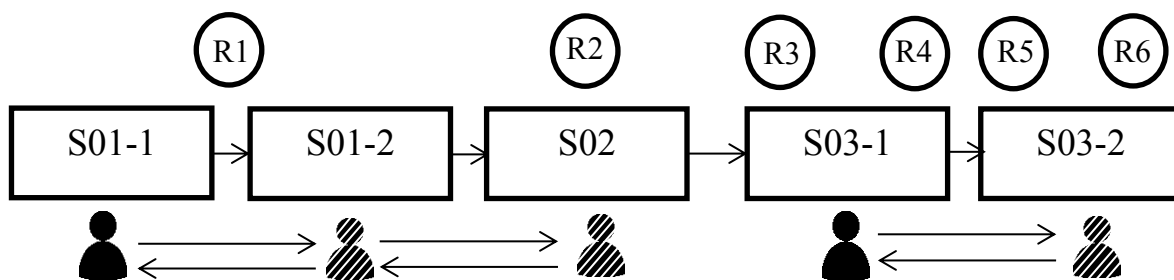
Obr. 25 – Výrobní linka dle první varianty inovace

Tab. 10 – Výhody/nevýhody první varianty inovace

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Eminentní zrychlení času cyklu ✚ Rychlost plnění výrobních norem 	<ul style="list-style-type: none"> ✖ Finanční náročnost ✖ Časová náročnost ✖ Vznik nového úzkého místa ✖ Nároky na prostor

5.2 Varianta II

V tomto plánu přestavby výrobní linky se počítá s přidáním pouze jednoho svařovacího robota a svařovacího okna (obr. 25). Nutno říci, že oproti původní výrobní lince je tento návrh stále efektivnější, stejně jako první návrh i tento zamezuje výrobě nekvalitních produktů odstraněním otočného svařovacího stolu. Tento návrh přestavby nezabrání vzniku nového úzkého místa v dané výrobní lince. Zamezuje však, aby rozdíl mezi časem cyklu nově vzniklého úzkého místa a dalšími svařovacími okny nebyl významně výrazný. Cílem je dosáhnout rovnoměrného rozložení času cyklu na jednotlivá svařovací okna. Výrobní linku dle tohoto návrhu obsluhují dva pracovníci, kteří přecházejí mezi jednotlivými svařovacími okny. Z hlediska finanční a časové náročnosti je tato přestavba výhodným řešením. Výhody a nevýhody tohoto návrhu přestavby jsou zobrazeny v příložené tabulce (tab. 11).



Obr. 26 – Výrobní linka dle druhé varianty inovace

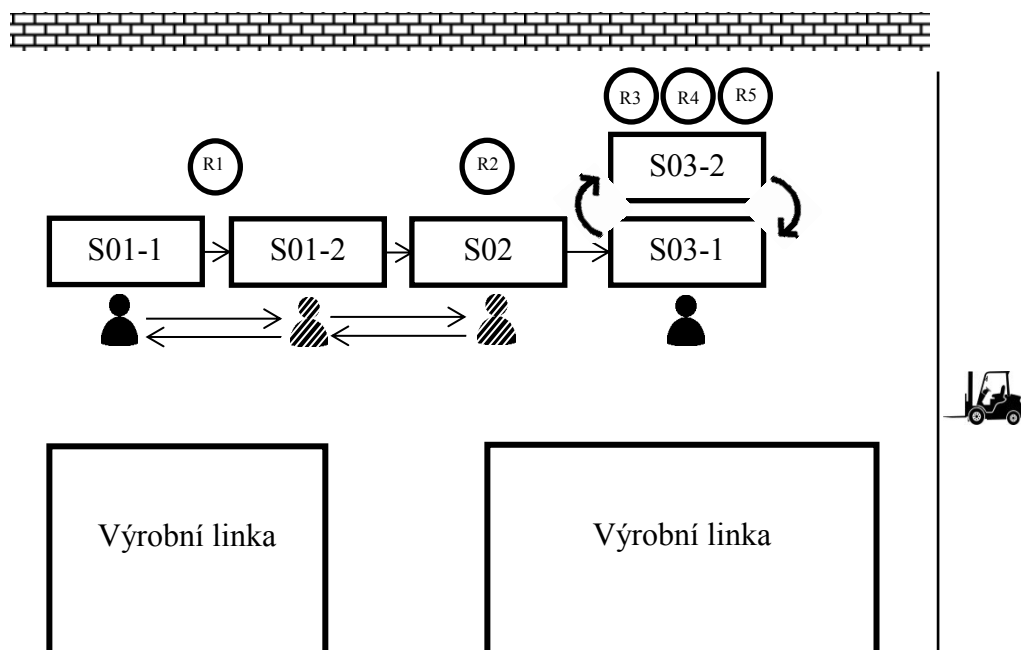
Tab. 11 – Výhody/nevýhody druhé varianty inovace

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Nižší finanční náročnost ✚ Ušetření místa ✚ Zrychlení času cyklu ✚ Rychlost přestavby 	<ul style="list-style-type: none"> ✖ Pomalejší čas cyklu oproti prvnímu návrhu ✖ Pomalejší plnění norem oproti prvnímu návrhu

5.3 Ergonomie pracoviště

Teoretická část objasnila, jak souvisí ergonomie s pracovním prostředím. Jednoduše řečeno, je zapotřebí, aby pracoviště určená pro výkon práce operátora byla tomuto adekvátně uzpůsobena. Základní charakteristikou je eliminace zbytečných pohybů, výška pracovního stolu atd. Všechny tyto poznatky a charakteristiky se braly v potaz při přestavbě výrobní linky.

Vznikly tři typy ergonomických návrhů pro přizpůsobení pracoviště. Významné omezení představoval prostor, kde se výrobní linka nachází. Zejména fakt, že další rozšíření prostoru není možné, jelikož ihned vedle výrobní linky je cesta vedoucí do skladu, hrozila by tedy srážka s vysokozdvizným vozíkem. Výrobní linka je umístěna v zadní části výrobní haly, což znamená, že za výrobní linkou se nachází zeď. Navíc celá oblast kolem výrobní linky je zastavěna dalšími pracovišti (obr. 27). I přes všechna tato omezení byla vypracována vhodná ergonomická řešení.



Obr. 27 – Původní uspořádání pracovišť kolem výrobní linky

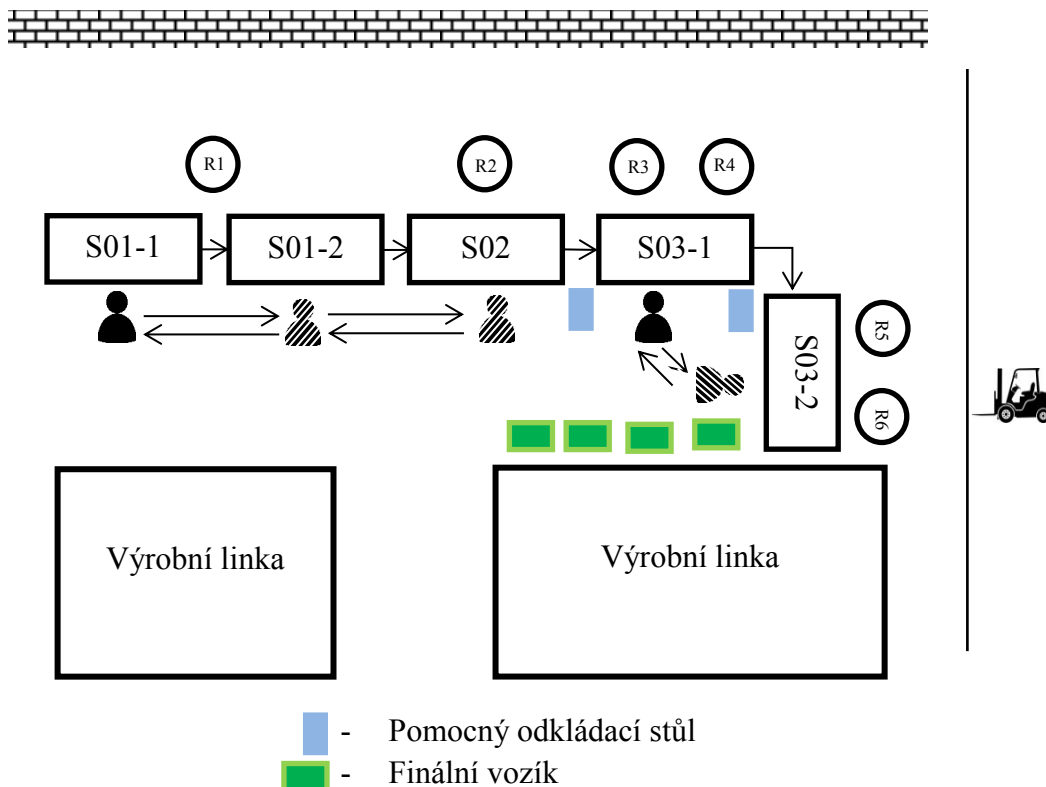
Pohyb pracovníka po pracovišti je velmi důležitý, nesmíme však zapomínat na pracovní prostředí jako takové, tedy odsávání svařovacích dýmů, PLC monitory, aktuální technické postupy či postupy práce a také osvětlení pracoviště. Toto vše vyžaduje ideálně zakomponovat do této přestavby. Pozornost je nutné věnovat rovněž snadné dostupnosti k sudům se svařovacím drátem. I malá věc, jako je držák na nápoje, může zlepšit pracovní prostředí.

5.3.1 První návrh ergonomie pracoviště

Tento návrh je založen na uspořádání výrobní linky do tvaru L. Zejména nové svařovací okno je umístěno kolmo k původní výrobní lince. Přiložený obrázek (obr. 28) zobrazuje navrhovanou ergonomii výrobní linky. Hlavní výhodou je krátká chůze mezi jednotlivými svařovacími okny. Je patrné, že celé pracoviště má velmi těsné uspořádání. Nastává zde problém s dostupností k daným svařovacím oknům (svařovacím robotům). Další nevýhodou se stává nevhodné uložení pomocných stolů, které slouží k dočasnému umístění rozpracovaných produktů a nedostatek místa pro uspořádání finálních vozíků, do kterých se ukládá produkt z této linky. V neposlední řadě je nutné zmínit zhoršenou dostupnost přísunu materiálu potřebného k výrobě. Výhody a nevýhody tohoto návrhu jsou uspořádány v tabulce (tab. 12).

Tab. 12 – Výhody/nevýhody prvního návrhu ergonomie pracoviště

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pohyb pracovníka ➤ Nároky na prostor 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zhoršená dostupnost při poruchách ➤ Ukládání rozpracovaných výrobků (pomocné stoly) ➤ Přísun materiálu ➤ Prostor pro finální vozíky



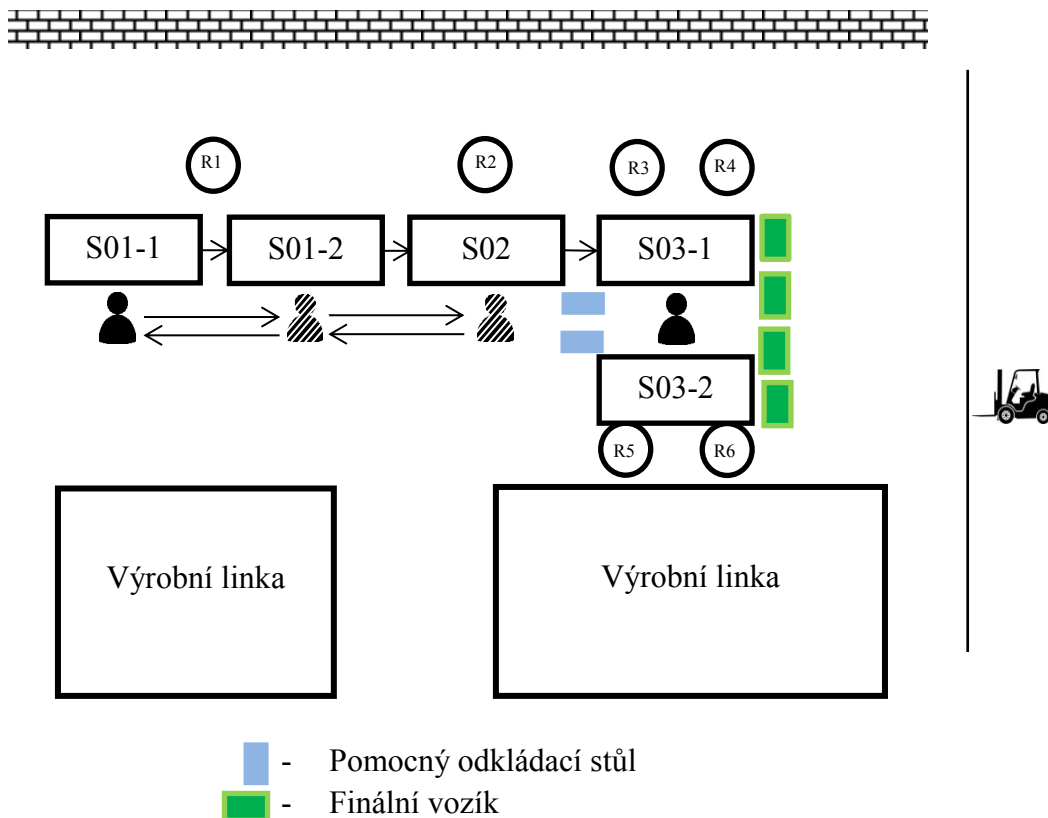
Obr. 28 – Ergonomie pracoviště dle prvního návrhu

5.3.2 Druhý návrh ergonomie pracoviště

Dle druhého návrhu mělo být nové svařovací umístěno naproti původnímu svařovacímu oknu. Výsledný tvar uspořádání by připomínal písmeno U. S ohledem na pohyb pracovníka by toto řešení bylo ideální. Nastal však problém s prostorem. Jak již bylo zmíněno, celá linka je ohraničena buď zdi, nebo dalšími výrobními linkami. V důsledku toho by došlo ke zhoršení přístupnosti k daným svařovacím robotům, a pokud by došlo k poruše, celkový čas opravy by byl ovlivněn tímto faktorem. Dále lze zaznamenat nedostatek prostoru pro finální vozíky. Umístění pomocných odkládacích stolů je však nyní v souladu s požadavky pracovníka. Přiložený obrázek (obr. 29) ilustruje navrhovanou ergonomii výrobní linky. Výhody a nevýhody tohoto návrhu shrnuje tabulka 13.

Tab. 13 – Výhody/nevýhody druhého návrhu ergonomie pracoviště

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> ■ Pohyb pracovníka ■ Přísun materiálu ■ Ukládání rozpracovaných výrobků (pomocné stoly) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zhoršená dostupnost při poruchách ■ Prostor pro finální vozíky ■ Nároky na prostor ■ Klimatické podmínky pracovního prostředí



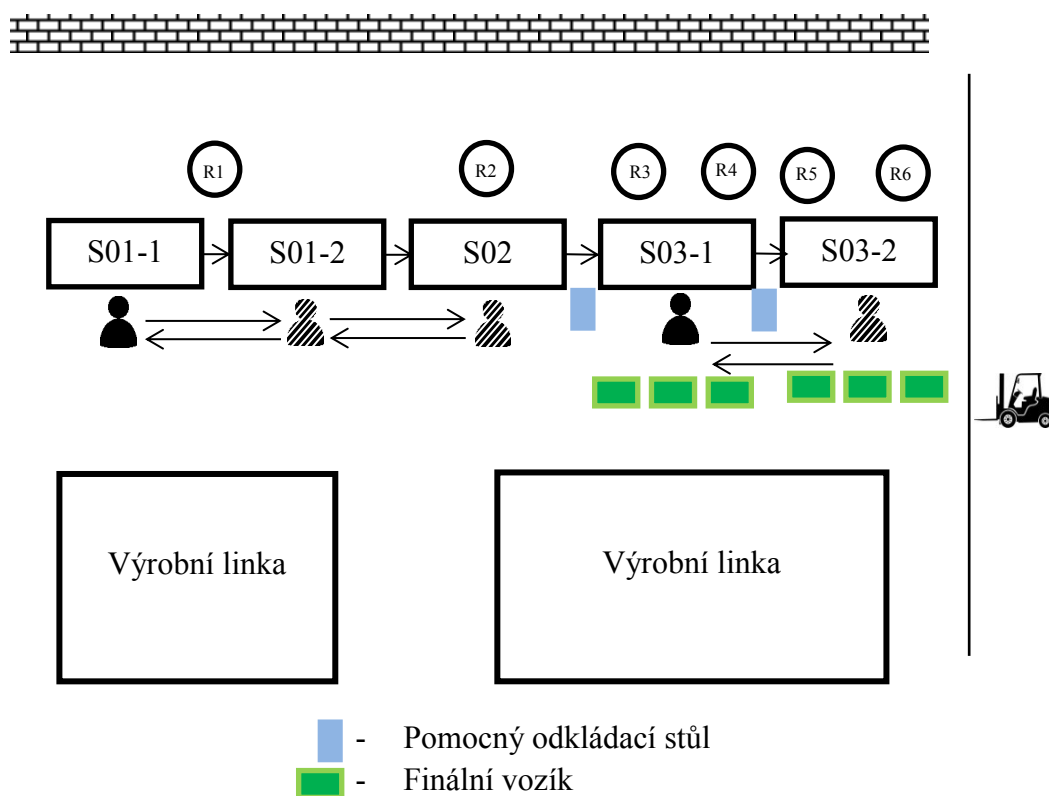
Obr. 29 – Ergonomie pracoviště dle druhého návrhu

5.3.3 Třetí návrh ergonomie pracoviště

Poslední návrh dbal na snadnou dostupnost k novému svařovacímu oknu, zaměřil se také na uspořádání finálních vozíků a pomocných odkládacích stůlů. Tento návrh tedy umístil nové svařovací okno vedle původní svařovací linky. Celá svařovací linka tedy připomíná tvar přímky. Přísun k výrobě potřebného materiálu je zde řešen velmi vhodně a nedochází k zhoršení dostupnosti. Oproti předešlým návrhům toto uspořádání zvyšuje čas na přemístění pracovníka mezi jednotlivými svařovacími okny. Přiložený obrázek (obr. 30) ukazuje navrhovanou ergonomii výrobní linky. Výhody a nevýhody tohoto návrhu jsou uspořádány v tabulce (tab. 14).

Tab. 14 – Výhody/nevýhody třetího návrhu ergonomie pracoviště

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Nároky na prostor ✚ Přísun materiálu ✚ Ukládání rozpracovaných výrobků (pomocné stoly) ✚ Prostor pro finální vozíky 	<ul style="list-style-type: none"> ✖ Pohyb pracovníka



Obr. 30 – Ergonomie pracoviště dle třetího návrhu

5.4 Určení návrhu inovace a ergonomie výrobní linky

Přestavba výrobní linky obnáší řadu povinností, ať už se jedná o průběh operací, zabezpečení funkčnosti provozu či zlepšení pracovních podmínek. Důležitým faktorem je finanční stránka celé přestavby. Na jednu stranu chceme zefektivnit provoz oproti předešlému uspořádání, ale zároveň dbáme na nízké či vyrovnané náklady, které souvisí s pořízením nového stroje či jiné technologie. V neposlední řadě je nutné před samotnou přestavbou zhotovit harmonogram, pomocí kterého budou prováděny jednotlivé kroky vedoucí k finální podobě nové výrobní linky. Organizace je totiž úzce spjatá s časovou náročností přestavby.

Zmíněné poznatky byly brány v úvahu při určení návrhu inovace a ergonomie nové výrobní linky. Přestavba se realizovala dle druhého návrhu inovace, tedy návrhu, který se opíral o přidání jednoho svařovacího robota. Ohled se bral zejména na finanční stránku přestavby, prostor a efektivnost. Při rozhodování hrála roli rovněž rychlost přestavby, která je dle tohoto návrhu přijatelná.

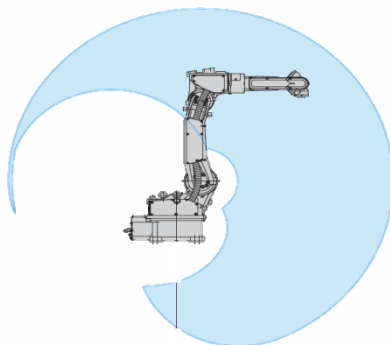
Zaměříme-li se na volbu návrhu z hlediska ergonomie, v této oblasti byla věnována pozornost zejména prostoru, snadnému a rychlému přísunu materiálu a v neposlední řadě také samotné bezpečnosti pracovníka. Vítězným návrhem se stal třetí návrh ergonomie pracoviště, kde převažovaly kladné body nad zápornými. Jediný záporný bod se týkal pomalejšího přemístění pracovníka, které by mohlo zapříčinit zvýšení výrobního času. Tento problém však vyřešilo vhodné nastavení svařovacích oken. Pokud je zahájen svařovací proces v jednom okně, má pracovník čas, aby naložil, zkontroloval a zmáčknul startovací tlačítka v okně druhém.

„Člověk není stroj, nikdo není neomylný.“ Do nového svařovacího okna byla instalována čidla a bezpečnostní prvky, které zamezují tomu, aby pracovník poslal nekvalitní výrobek do dalšího procesu. Čidla totiž identifikují, zda se všechny díly, které je zapotřebí svařit, vyskytují na svých pozicích. Pokud chybí, nemůže začít proces svařování, přičemž příčinu zobrazuje dotykový monitor. Současně s výstrahou na monitoru je akusticky a vizuálně nahlášena chyba (semafor u svařovacího okna). Všechna tato výstražná znamení pracovníka upozorní na problém. Při jednoduchých poruchách je pracovník schopen tyto poruchy opravit. Pokud se vyskytne závažnější problém, je oprávněn volat údržbu.

5.5 Volba svařovacího robota

Předešlé kapitoly objasnily rozmístění a ergonomii pracoviště. Nyní však přichází na řadu další důležitý krok, související s volbou svařovacího robota. V teoretické části již bylo zmíněno, že automatizace procesu je nedílnou součástí vývoje v automobilovém průmyslu. Proto by měl zvolený svařovací robot splňovat nejen základní funkce, které se od něho očekávají, ale přinést i něco víc, ať už se jedná o dlouhou životnost, možnost neustálého zlepšování (parametrů, funkcí) či rychlou detekci poruch. Na tyto vlastnosti se bral ohled při volbě svařovacího robota. Samotná volba byla řešena metodou vícekriteriálního rozhodování.

Podíváme-li se na pojmy, které se týkají svařovacích robotů, velmi důležitým pojmem je pracovní rozsah. Jedná se o nejmenší a největší hodnotu, ve které je daný robot schopen vykonávat svou práci. Jednoduše řečeno, jedná se o pracovní prostor svařovacího robota. Přiložený obrázek (obr. 31) schematicky zobrazuje pracovní rozsah daného robota.



Obr. 31 – Pracovní rozsah svařovacího robota

Rychlost pohybu robota je rovněž důležitou vlastností, neboť je úzce spjata s efektivností. Jedním z cílů bylo zefektivnění výrobní linky, a proto na hodnoty rychlosti pohybu robota klademe důraz i při samotné volbě. Nesmíme však zapomenout, že rychlost svařování ovlivňuje kvalitu výrobku, pokud bychom zvýšili rychlost svařování nad úměrnou hodnotu, mohlo by dojít k zhoršení kvality svarů, což by mělo za následek nekvalitní výrobky.

Pro metodu vícekriteriálního rozhodování byly vybrány celkem čtyři svařovací roboty od různých výrobců, které jsou si blízké svými parametry. Na specifikaci jejich vlastností se nyní podrobněji zaměříme.

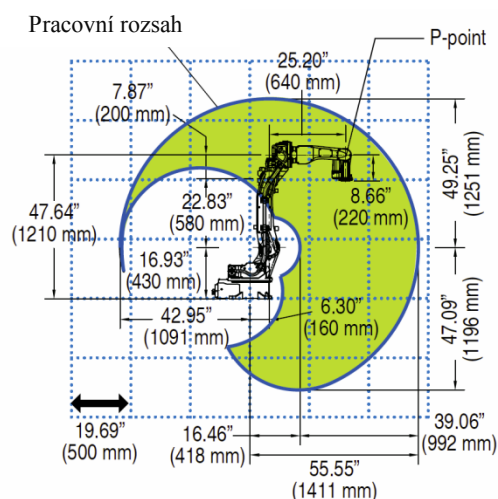
OTC DAIHEN FD – V6

Firma OTC (Osaka Transformer Company) byla založena roku 1919 v japonské Osace. Roku 1981 vytvořila první obloukový svařovací robot. Mezi hlavní produkty společnosti se řadí svařovací roboty, senzory, polohovače, podavače drátu, řídicí jednotky svařovacích robotů či svařovací zdroje. Pobočky můžeme najít v Americe, Asii či Evropě.

Svařovací robot FD – V6 je jedním z častěji používaných produktů této společnosti. Je postaven na vertikální kloubové konstrukci se schopností pohybu v šesti osách. Nosnost vrchního ramene je omezena na 10 kg. Podrobnější informace jsou představeny v příložené tabulce (tab. 15). Pracovní rozsah a vizualizace svařovacího robota uvádí následující obrázek (obr. 32).²⁷

Tab. 15 – Parametry OTC DAIHEN FD – V6²⁷

Společnost	OTC DAIHEN
Název/Model	NV6
Konstrukce	Vertikální kloubový typ
Počet os	6
Maximální používané zatížení	6 kg
Přesnost opakování polohy	± 0,07 mm
Způsob pohánění	AC servo motor
Výkon	2600 W
Kontrola polohy	Přesný snímač
Teplota okolí / vlhkost vzduchu	0–45°C, 20–80% RH (bez kondenzace)
Hmotnost	144 kg
Maximální nosnost vrchního ramene	10 kg
Instalační postup	Podlažní/Stropní/Nástěnné
Barva	Ramena: bílá / Základna: modrá



Obr. 32 – Pracovní rozsah OTC DAIHEN FD – V6²⁷

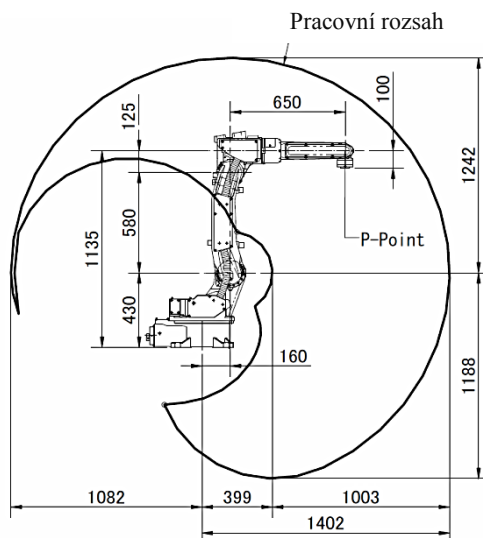
NACHI NV06

Společnost NACHI byla založena roku 1929 Nachim Fujikoshim. Prvního svařovacího robota společnost vytvořila v roce 1977. Mezi produkty společnosti patří řezné nástroje, svařovací roboty, ložiska, hydraulická zařízení, průmyslové pece či výroba speciálních ocelí. Dnes je společnost lídr na trhu v oblasti robotiky. Hlavní sídlo společnosti se nachází v japonském Tokiu.

Svařovací robot s označením NV06 je založen na kloubové konstrukci se schopností polohy do šesti os. Svařovací robot je vybaven servomotorem, který zajišťuje spolehlivý provoz i v horších podmínkách. Podrobnější informace přináší přiložená tabulka (tab. 16). Pracovní rozsah a vizualizace svařovacího robota uvádí následující obrázek (obr. 33).²⁸

Tab. 16 – Parametry NACHI NV06²⁸

Společnost	NACHI
Název/Model	NV06
Konstrukce	Kloubová konstrukce
Počet os	6
Maximální používané zatížení	6 kg
Přesnost opakování polohy	$\pm 0,07\text{mm}$
Způsob pohánění	AC servo system
Výkon	2600W
Kontrola polohy	Přesný snímač
Teplota okolí / vlhkost vzduchu	0 to 45°C / 20 to 80% RH (bez kondenzace)
Hmotnost	144 kg
Maximální nosnost vrchního ramene	10 kg
Instalační postup	Podlažní/Stropní/Nástěnné
Barva	Ramena: bílá / Základna: bílá



Obr. 33 – Pracovní rozsah NACHI NV06²⁸

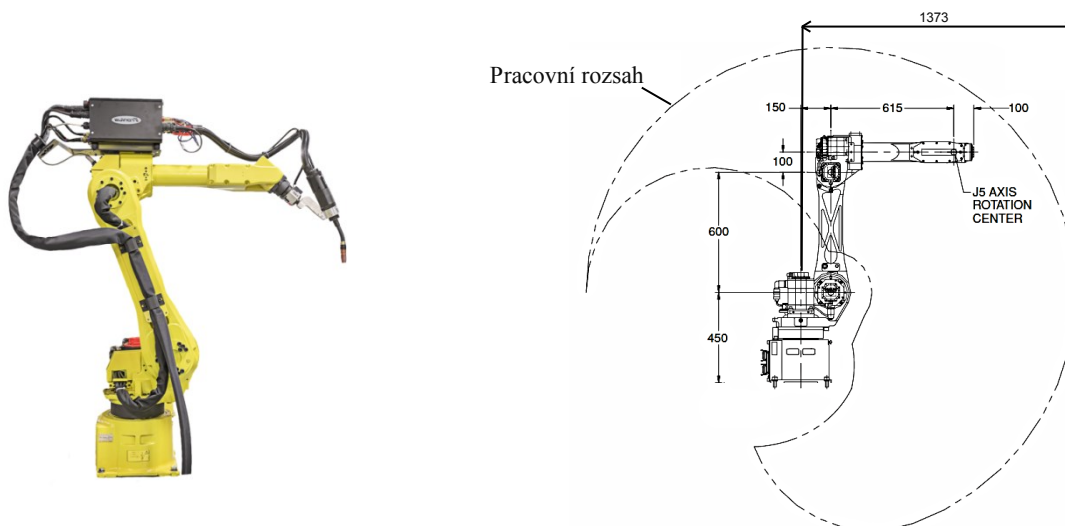
FANUC ARC Mate 100 iB

Průkopník v oblasti revoluce výrobních postupů po celém světě, tak zní jednoduchá charakteristika společnosti Fanuc, která byla založena roku 1956 Dr. Seiueemonem Inabou. Dnes firma Fanuc nabízí průmyslové roboty, elektronické CNC vstřikovací stroje, kompaktní CNC obráběcí centra, CNC řízené elektroerozivní drátové řezačky či extrémně přesné stroje (robonano). Centrální sídlo společnosti se nachází v Lucembursku.

Svařovací robot ARC Mate 100iB je založen na kloubové konstrukci se schopností polohy do šesti os. Jeho hmotnost činí 135 kg a vrchní rameno dokáže unést až 12 kg. Podrobnější informace shrnuje přiložená tabulka (tab. 17). Pracovní rozsah a vizualizace svařovacího robota uvádí následující obrázek (obr. 34).²⁹

Tab. 17 – Parametry FANUC ARC Mate 100iB³⁰

Společnost	FANUC
Název / Model	ARC Mate 100iB
Konstrukce	Kloubová konstrukce
Počet os	6
Maximální používané zatížení	6 kg
Přesnost opakování polohy	± 0,08 mm
Způsob pohánění	AC servo motor
Výkon	2600W
Kontrola polohy	Přesný snímač
Teplota okolí / vlhkost vzduchu	0 to 45°C / 20 to 75 %RH (bez kondenzace)
Hmotnost	138 kg
Maximální nosnost vrchního ramene	12 kg
Instalační postup	Podlažní / Stropní / Nástěnné / Natočené
Barva	Ramena: žlutá / Základna: žlutá



Obr. 34 – Pracovní rozsah FANUC ARC Mate 100iB³⁰

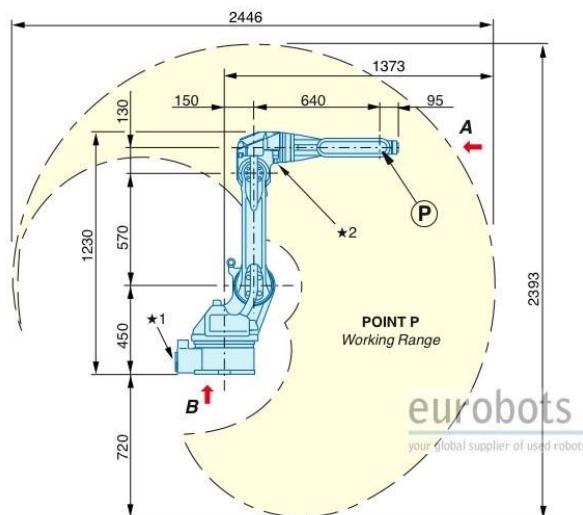
Yaskawa Motoman UP6

Založení společnosti sahá až do roku 1900, kdy vyráběla tři fázové indukční motory a tekuté rezistory. Roku 1977 byl společností představen první elektrický průmyslový robot. Dnes společnost nabízí průmyslové roboty, řídicí systémy, polohovadla, točny a pojezdy, portály či běžné svařovací systémy. Hlavní sídlo společnosti se nachází v Japonsku.

Svařovací robot Yaskawa Motoman UP6 je založen na kloubové konstrukci se schopností polohy do šesti os. Oproti ostatním robotům je nejlehčí, jelikož váží pouhých 130 kg. Podrobnější informace shrnuje přiložená tabulka (tab. 18). Pracovní rozsah a vizualizace svařovacího robota uvádí následující obrázek (obr. 35).³¹

Tab. 18 – Parametry Yaskawa Motoman UP6³²

Společnost	Yaskawa MOTOMAN robotics
Název / Model	UP6
Konstrukce	Vertikální kloubový typ
Počet os	6
Maximální používané zatížení	6 kg
Přesnost opakování polohy	± 0,08 mm
Způsob pohánění	AC servo motor
Výkon	2600 W
Kontrola polohy	Přesný snímač
Teplota okolí / vlhkost vzduchu	0 to 45°C / 20 to 80 % RH (bez kondenzace)
Hmotnost	130 kg
Maximální nosnost vrchního ramene	10 Kg
Instalační postup	Podlažní/Stropní/Nástěnné
Barva	Ramena: bílá / Základna: šedá



Obr. 35 – Pracovní rozsah Yaskawa Motoman UP6³²

5.5.1 Vícekriteriální rozhodování svařovacího robota

Cílem této kapitoly bude vytipování optimálního svařovacího robota, který naplňuje jak rozměrové, tak bezpečnostní požadavky. Důležitou roli v tomto výběru hraje rovněž efektivnost. Jelikož nákup svařovacího robota představuje dlouhodobou investici, je nutné všechny kroky pečlivě zvážit a rozhodnout se správně pro budoucí vývoj podniku. Vybírat se bude mezi svařovacími roboty, které byly podrobněji specifikovány v předešlé kapitole.

Do výběru nezapadá určení svařovacího zdroje, jelikož zde má společnost Donghee s.r.o. jako dodavatele firmu Fronius s.r.o., která se zaměřuje především na výrobu svařovacích zdrojů, ale také na solární energii či akumulátory. Hlavní výhodou těchto zdrojů (obr. 36) jsou svařovací vlastnosti, zejména zapalovací parametry, které jsou přesně přizpůsobeny průměru a kvalitě drátu. Systém digitálních svařovacích zdrojů s sebou přináší také efektivnost, máme na mysli jednak bezztrátový přívod plynu, dále inteligentní regulace průtoku plynu. Parametry svařování se dají nastavit přímo na svařovacím zdroji, nebo na přemístitelném ovládacím panelu.

K dokonalému svařování je nutné mít optimální transport drátu, aby nedošlo k jeho poškození. Společnost Donghee s.r.o. proto odebírá systémy pro posuv drátu od firmy Fronius s.r.o. Jedná se o podavače s 4kladkovým náhonem, které jsou vhodné pro montáž na 3. osu robota. Rozsah rychlostí posuvu drátu je dle požadavku.



Obr. 36 – Svařovací zdroj Fronius³³

Volba kritérií

Důležitým prvkem pro rozhodnutí ohledně optimálního robota je kromě specifikace jeho vlastností také určení dalších důležitých kritérií, podle kterých bude výběr proveden. Proto byla provedena volba ideálních kritérií, které jsou vypsány níže.

Cena

- Určuje, kolik jsme schopni do daného produktu investovat.
- Rozmezí určeno od 24 000 EUR do 29 500 EUR.

Hmotnost

- Důležité kritérium, zejména při manipulaci s robotem, má vliv na stabilitu.
- Rozmezí určeno od 130 kg do 145 kg.

Přesnost opakování polohy

- Znamená schopnost daného robota vykonávat precizně opakující se operace.
- Rozmezí určeno od 0,07 mm do 0,08 mm.

Poloměr pracovního rozsahu

- Rozsah pohybu daného robota.
- Prostor, v němž se daný robot pohybuje a je schopen vykonávat práci.
- Rozmezí určeno od 1 370 mm do 1 420 mm.

Výška robota

- Udává výšku od základny až do poloviny vrchního ramene.
- Čím vyšší robot bude, tím lépe pro montáž, nemusí se vyrábět stůl na uchycení.
- Rozmezí určeno od 1 150 mm do 1 250 mm.

Maximální nosnost vrchního ramene

- Tíha, která může působit na vrchní rameno bez toho, aby došlo k poruše.
- Rozmezí určeno od 10 kg do 15 kg.

Hodnocení expertů

Jednotlivá kritéria byla hodnocena pomocí expertů formou dotazníku (příloha A). Výsledek tohoto průzkumu přináší přiložená tabulka (tab. 19). Na vyplňování se podílelo celkem pět expertů, přičemž polovina byla z oddělení údržby a druhá polovina z oddělení produkce. Dotazník byl anonymní, proto nejsou uvedena jména expertů. Z tabulky lze zjistit, že nejvýznamnější parametry představuje přesnost opakování polohy, poloměr pracovního rozsahu a cena. Naopak nosnost vrchního ramene není důležitým parametrem.

Tab. 19 – Hodnocení kritérií svařovacího robota

Expert	Oddělení	Kritéria					
		Cena	Hmotnost	Přesnost opakování polohy	Poloměr pracovního rozsahu	Výška robota	Max. nosnost vrchního ramene
1.	Produkce	4	6	1	2	5	3
2.	Technologie	3	6	2	1	5	4
3.	Produkce	3	5	1	2	6	4
4.	Technologie	5	4	1	1	2	3
5.	Produkce	2	6	1	4	3	5
α_j		17	27	6	10	21	19

Jednotlivá hodnocení expertů byla použita k výpočtům. Výpočty byly provedeny dle vzorců (9, 10, 11, 12, 13).

➤ Výpočet součtu přiřazených všemi experty j-tému kritériu

$$\alpha_j = \sum_{k=1}^p \alpha_{kj} = 4 + 3 + 3 + 5 + 2 = 17 \quad (9)$$

➤ Určení koeficientu významnosti

$$B_j = 1 - \frac{\alpha_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j} \quad (10)$$

$$B_1 = 1 - \frac{17}{(17 + 27 + 6 + 10 + 21 + 19)} = 1 - \frac{17}{100} = 0,830 \quad (11)$$

Pro ostatní kritéria je výpočet podobný, jednotlivé výsledky jsou zobrazeny v tabulce výsledných hodnot (tab. 20).

Tab. 20 – Výsledné hodnoty koeficientů významnosti

	Kritéria					
	Cena	Hmotnost	Přesnost opakování polohy	Poloměr pracovního rozsahu	Výška robota	Max. nosnost vrchního ramene
B_j	0,830	0,730	0,940	0,900	0,790	0,810

➤ Výpočet koeficientu shody

Určuje, jaká je shoda výpovědí jednotlivých expertů.

$$w = \frac{12 \sum_{j=1}^m \left[\sum_{k=1}^p \alpha_j - \frac{p(m+1)}{2} \right]^2}{p^2(m^3 - m)} \quad (12)$$

$$w = \frac{12 \left[\left[17 - \frac{5(6+1)}{2} \right]^2 + \left[27 - \frac{5(6+1)}{2} \right]^2 + \left[6 - \frac{5(6+1)}{2} \right]^2 + \left[10 - \frac{5(6+1)}{2} \right]^2 + \left[21 - \frac{5(6+1)}{2} \right]^2 + \left[19 - \frac{5(6+1)}{2} \right]^2 \right]}{5^2(6^3 - 6)} \quad (13)$$

$$w = 0,671 [-]$$

Jestliže koeficient shody vyjde 0, jedná se o naprostou rozdílnost hodnocení. Vychází-li pod hranici hodnoty 0,5, je nutné, aby si experti vzájemně vyměnili názor, jestliže ani pak nedojde k vyhovující shodě, je nutné experty vyměnit. V případě, že vyjde 1, jedná se o úplnou shodu hodnocení.

V první fázi výpočtu jsme tedy určili koeficienty významnosti a koeficient shody. Hlavním cílem bylo dosáhnout optimálního výsledku u koeficientu shody, tedy aby se nacházel v určených intervalech, což bylo splněno.

Rozhodovací problém

Nyní se dostáváme k druhé fázi výpočtu, kde uplatníme metodu vážených dílčích pořadí. Pomocí této metody dojdeme k hodnotám, které nám usnadní výběr svařovacího robota. Výsledkem této metody tedy bude určení optimálního svařovacího robota, který je vhodný pro danou výrobní linku. Pro lepší orientaci jsou jednotlivé parametry svařovacích robotů uspořádány v tabulce parametrů (tab. 21).

Metoda vážených dílčích pořadí

Postup:

1. Zjistíme potřebné informace k jednotlivým variantám. (tab. 21)
2. Stanovíme dílčí pořadí hodnocených variant, v němž uspokojují jednotlivá kritéria (nutné rozlišovat kritéria typu „náklady“ (-) a kritéria typu „výnosy“ (+)), čím je hodnota lepší, tím má vyšší pořadí. (tab. 22)
3. Vynásobíme dílčí pořadí příslušnými koeficienty významnosti (B_j , B_{jN}) (tab. 12)
4. Sečteme vážená dílčí pořadí pro každou variantu (S_j). (tab. 23)
5. Vyhodnotíme výsledky (V_j) – na prvním místě je ta varianta, která má minimální hodnotu součtu dílčích pořadí. (tab. 23) ⁸

Tab. 21 – Parametry vybraných svařovacích robotů

Varianta	Kritérium					
	Cena	Hmotnost	Přesnost opakování polohy	Poloměr pracovního rozsahu	Výška robota	Max. nosnost vrchního ramene
	[EUR]	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
OTC Daihen FD – V6	29 200	144	0.07	1411	1210	10
Nachi NV06	29 500	160	0.07	1402	1135	10
Fanuc arc mate 100iB	28 000	135	0.08	1373	1150	12
Yaskawa Motoman UP6	24 000	130	0.08	1374	1150	10

Tab. 22 – Rozlišení kritérií dle typu

Varianta	Kritérium					
	Cena	Hmotnost	Přesnost opakování polohy	Poloměr pracovního rozsahu	Výška robota	Max. nosnost vrchního ramene
	-	-	-	+	+	+
OTC Daihen FD – V6	3	3	1	1	1	2
Nachi NV06	4	4	1	2	3	2
Fanuc arc mate 100iB	2	2	2	3	2	1
Yaskawa Motoman UP6	1	1	2	4	2	2
B_j	0,830	0,730	0,940	0,900	0,790	0,810

Tab. 23 – Vyhodnocení výsledků

Varianta	Kritérium							
	Cena	Hmotnost	Přesnost opakování polohy	Poloměr pracovního rozsahu	Výška robota	Max. nosnost vrchního ramene	S _j	V _j
	-	-	+	+	+	+		
OTC Daihen FD – V6	3,32	2,19	0,94	0,9	0,79	1,62	9,76	1
Nachi NV06	2,49	2,92	0,94	1,8	2,37	1,62	12,14	3
Fanuc arc mate 100iB	1,66	1,46	1,88	2,7	1,58	0,81	10,09	2
Yaskawa Motoman UP6	0,83	0,73	1,88	3,6	1,58	1,62	22,23	4
B_j	0,830	0,730	0,940	0,900	0,790	0,810		

Metoda vážených dílčích pořadí určila, že optimální svařovací robot pro inovaci této výrobní linky je OTC Daihen FD-V6 (tab. 23). Tento svařovací robot vyniká nejen nejlepší výškou či poloměrem pracovního rozsahu, ale také maximální nosností vrchního ramene a přesností opakování polohy (tab. 22).

5.6 Postup inovace výrobní linky

Po úspěšné volbě optimálního svařovacího robota zbývá jako finální krok realizace dané inovace. Nejprve byl vytvořen plán práce, tedy průběh operací a volba ideálních dnů, ve kterých by byla přestavba linky možná. Po konzultaci oddělení produkce s oddělením údržby bylo dohodnuto tuto přestavbu začít na odpolední směně v pátek a dokončit ji ranní směnou v neděli. Celá přestavba tedy trvala dva dny. Na výrobu hlavních produktů tato přestavba neměla vliv, jelikož v průběhu týdne se vytvořily zásoby, které zabezpečily plynulý provoz hlavní linky.

Instalace nového svařovacího okna

Časově nejnáročnější operací v průběhu přestavby byla samotná výroba a instalace nového svařovacího okna. Tento krok byl proto prováděn již po doručení nového svařovacího robota a před započítím celkové přestavby výrobní linky. Tím se dosáhlo výrazné úspory času celkové přestavby. Nové svařovací okno bylo instalováno během provozu výrobní linky.

V průběhu instalace se provedlo uchycení ochranných stěn se speciální svařovací folií, umístění nového svařovacího robota, vytvoření pevného svařovacího stolu a umístění zavírací ochranné svařovací folie. Přiložený obrázek (obr. 37) zobrazuje podobu nového svařovacího okna před započítím celkové přestavby výrobní linky.



Obr. 37 – Instalace nového svařovacího okna

Demontáž otočného stolu a svařovacího robota

Páteční odpolední směnou odstartovala celková přestavba výrobní linky. Nejdříve došlo k demontáži otočného svařovacího stolu (obr. 38), což obnášelo odpojení elektrického zařízení, přívodu stlačeného vzduchu. Z otočného stolu bylo demontováno upevňovací zařízení, které zajišťuje správnou polohu produktu při procesu svařování. Otočný stůl byl rozebrán na díly a komponenty z něho budou použity na opravu jiných stolů. V neposlední řadě došlo k uvolnění a přemístění prostředního svařovacího robota do nového svařovacího okna.



Obr. 38 – Původní podoba svařovacího okna



Obr. 39 – Svařovací okno po demontáži otočného stolu

Instalace upevňovacího zařízení

Pevné svařovací stoly (obr. 40) již byly vytvořeny před samotnou celkovou přestavbou. Nyní zbývalo uchytnit na ně upevňovací zařízení, které slouží k správnému umístění produktu během procesu svařování. Jelikož upevňovací zařízení je poměrně těžké, byl k instalaci použit vysokozdvizný vozík, který pomohl nazvednout dané zařízení na pevný stůl (obr. 41). Následně se provedla montáž pomocí šroubů s metrickým závitem.



Obr. 40 – Pevný svařovací stůl



Obr. 41 – Instalace pevného svařovacího stolu

Umístění a ukotvení pevných svařovacích stolů

Dalším krokem bylo umístění svařovacích stolů do daných svařovacích oken. Za pomoci vysokozdvizného vozíku došlo k jejich jednoduchému přemístění, během čehož nedošlo k žádným problémům, jelikož rozměry pevných stolů a svařovacích oken odpovídaly. Po umístění došlo také k ukotvení jak pevných stolů, tak svařovacích robotů. Přiložené obrázky (obr. 42, 43), ukazují podobu svařovacích oken po dokončení této operace.



*Obr. 42 – Pevný svařovací stůl
v původním okně*



*Obr. 43 – Pevný svařovací stůl
v novém okně*

Provedení elektroinstalace a naprogramování ovládacích panelů

Po přemístění těžkých objektů došlo také na elektrickou stránku přestavby, jelikož bylo nutné tyto objekty rozpohybovat. Provedla se elektroinstalace upevňovacího zařízení, svařovacích robotů a řídicích jednotek. Došlo také k instalaci přívodu stlačeného vzduchu a ochranného plynu pro svařování.

Dokončením elektroinstalace těchto objektů odstartovalo programování PLC. Do výrobní linky byl instalován nový software, který počítá s novým svařovacím oknem. Došlo také k úpravě počítání produktů ve výrobní lince. Naprogramované byly také řídicí jednotky robotů, ovládací panely (obr. 44), zavírací ochranné svařovací folie a semafor pro identifikaci poruch.



Obr. 44 – Programování ovládacího panelu

Naprogramování svařovacího cyklu

Finální krok celého procesu – naprogramování svařovacího cyklu, resp. určení pozic výsledných svarů – je ve společnosti Donghee s.r.o. označován jako teaching. Na programování dohlíželi dva tým lídři ze svařovacích linek. Byly zapotřebí ovládací panely svařovacích robotů, pomocí nichž se provádělo programování (obr. 45).

Teaching je založen na principu jednotlivých kroků. Nejprve je potřeba určit počáteční bod svaru, následně pak konečný bod svaru. V dalším kroku se vybírají mezi body, přičemž platí, že čím víc je mezibodů, tím je svar přesnější (není mimo pozici) a kvalitnější. Kondice svaru závisí také na vzdálenosti svařovacího drátu od svařovaného produktu. Obecně platí, že vzdálenost od daného produktu by měla být desetinásobkem svařovacího drátu. Tento postup byl aplikován na všech svarech potřebných na výrobu daného produktu.

Během programování bylo nutné dbát na to, aby nedošlo ke střetnutí obou robotů během procesu svařování. Jelikož daný produkt je poměrně menších rozměrů, aplikoval se zde proces, který společnost Donghee s.r.o. označuje jako interlog, jedná se o pauzu během svařování. Tento proces však ovlivňuje výsledný čas cyklu výrobní linky, proto musí být interlog vhodně časově řešen.

Výsledkem finálního kroku naprogramování se stal produkt, který splňoval parametry jak z hlediska kvality, tak z hlediska efektivity (obr. 46). První kus z každého svařovacího okna se odeslal na kontrolu kvality produktu, na dalších dvou produktech byly provedeny penetrační testy, tedy testy kondice svaru. Poslední krok představoval zkušební dvouhodinový provoz, během kterého byl změřen takt linky. Jelikož všechny tyto úkony proběhly v pořádku, linka mohla být schválena k provozu.



Obr. 45 – Programování svařovacích robotů



Obr. 46 – Finální výrobek

6 Zhodnocení optimalizace a přínos pro podnik

V rychlém světě automobilové výroby rozhodují vteřiny. Na každý vůz se váže pevný zisk, je tedy třeba minimalizovat výpadky výroby a maximalizovat produktivitu. Vyžaduje to neustálé zlepšování procesů, pracovníků a také výrobních linek. Každé vylepšení by mělo pro podnik představovat přínos, tedy efektivitu. Podnik by měl pomocí neustálého vylepšování růst a modernizovat.

Přestavovaná svařovací výrobní linka, která vyrábí komponenty pro zadní nápravu do vozů Hyundai Tucson, je příkladem procesu neustálého zlepšování. Přestavbou linky to však nekončí, stále existují příležitosti pro zavádění inovací. Může se jednat jak o výrobní procesy, tak o prostředí, ve kterém daný pracovník vykonává práci. Společnost Donghee s.r.o. proto každý měsíc přichází s různými zlepšeními (improvements), které jsou na konci měsíce zhodnoceny, a jednotliví pracovníci, kteří navrhli dané vylepšení, jsou adekvátně ohodnoceni.

Optimalizace by měla vést k vyšší efektivitě. Přestavená svařovací výrobní linka by měla mít lepší čas cyklu a produkovat víc výrobků za směnu.

Po přestavbě byl znovu změřen čas cyklu této svařovací výrobní linky. Výsledek měření je v souladu s navrhovanou optimalizací. Podrobnější informace k danému měření času cyklu budou uvedeny v další kapitole.

Zkrácením času cyklu a zdvojením svařovacích výrobních oken bylo dosaženo také vyšší produktivity linky. Lze tedy konstatovat, že přestavba byla pro podnik přínosem. Prvním přínosem jsou operátoři, kteří na této výrobní lince pracují. Po naplnění požadovaného množství produktů totiž mohou vypomáhat na jiných výrobních linkách. Jelikož společnost Donghee s.r.o. dbá na to, aby operátoři nebyli fixováni jen na danou pozici, ale také na ostatní pracovní pozice, je tato možnost hojně využívána. Dalším přínosem je omezení poruchovosti dané svařovací výrobní linky. Z předešlých kapitol víme, že hlavním problémem nekvalitní produkce byl svařovací otočný stůl, který byl v průběhu přestavby odstraněn. Přestavba tedy splnila požadavky, ať už se jedná o optimalizaci či přínosy pro podnik.

6.1 Čas cyklu svařovací výrobní linky po inovaci

Hlavním důvodem přestavby svařovací výrobní linky bylo snížení času cyklu. Dle propočtených návrhů by inovovaná výrobní linka měla tohoto cíle dosáhnout. Je však nutné toto tvrzení podložit také změřením času cyklu při plném provozu svařovací výrobní linky.

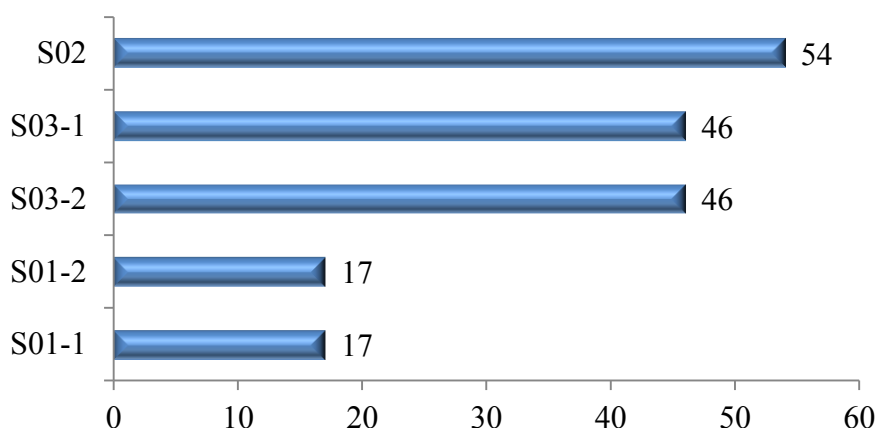
Měření bylo prováděno zaznamenáním jednotlivých operací do fotoaparátu. Tyto záznamy se dále použily k určení jednotlivých pracovních kroků a jejich časů, které vedou k výrobě finálního produktu. Čas cyklu jednotlivých svařovacích oken po inovaci je uveden v příložené tabulce (tab. 24) a grafu (graf 3).

Tab. 24 – Stanovení času cyklu svařovacích oken výrobní linky po inovaci

Svařovací okno	Čas cyklu (Cycle time)			
	Pracovník [s]	Stroj [s]	Celkem [s]	
S01-1	14	20	34	17
S01-2	14	20	34	17
S02	10	44	54	
S03-1	23	69	92	46
S03-2	23	69	92	46

Třetí svařovací okno má celkový čas cyklu 92 sekund, ale jelikož je zdvojené, tato hodnota se dělí dvěma. Výsledný čas cyklu je tedy 46 sekund. Z výsledků měření času cyklu u jednotlivých svařovacích oken vyplývá, že úzké místo se již nenachází na třetím stanovišti, ale vyskytuje se na druhém svařovacím okně. Lze zpozorovat také rovnoměrné rozložení času cyklu mezi jednotlivá svařovací okna, nenacházíme již velký skok mezi největším a nejmenším časem cyklu.

Čas cyklu svařovacích oken po inovaci



Graf 3 – Čas cyklu svařovacích oken po inovaci

Svařovací okno S03-1, S03-2

Průběh operací a jejich časové trvání na tomto svařovacím okně sumarizuje následující tabulka (tab. 25). Je patrné, že největší čas se nachází u procesu svařování, ovšem pokud chceme zajistit kvalitní svar, nelze tento čas zkrátit pod přípustnou hranici. Z měření je patrný rozdíl svařovacích časů mezi jednotlivými okny. Tento rozdíl byl způsoben programováním svařovacích robotů, jelikož programování je nutné dělat na každém robotu zvlášť, nejde tedy zkopírovat jeden program do ostatních robotů.

Časy pracovníka jsou v souladu s požadavky, změna nastává pouze tehdy, pokud je na výrobní lince operátor, který se zaučuje. Tento čas však společnost Donghee s.r.o. eliminuje na minimální hodnotu instalací výrobních postupů ke každému výrobnímu oknu či lince. Pracovník se tedy rychle zaučí a je zaručena správná pozice výrobku, pracovní postup, kvalita produktu a také produktivita výrobní linky. Pokud by došlo k situaci, že operátor vloží díl špatným způsobem, je zaznamenána porucha v daném okně. Pomocí elektrických snímačů a čidel, které monitorují správnou polohu dílu, dochází k eliminaci výroby nekvalitních produktů.

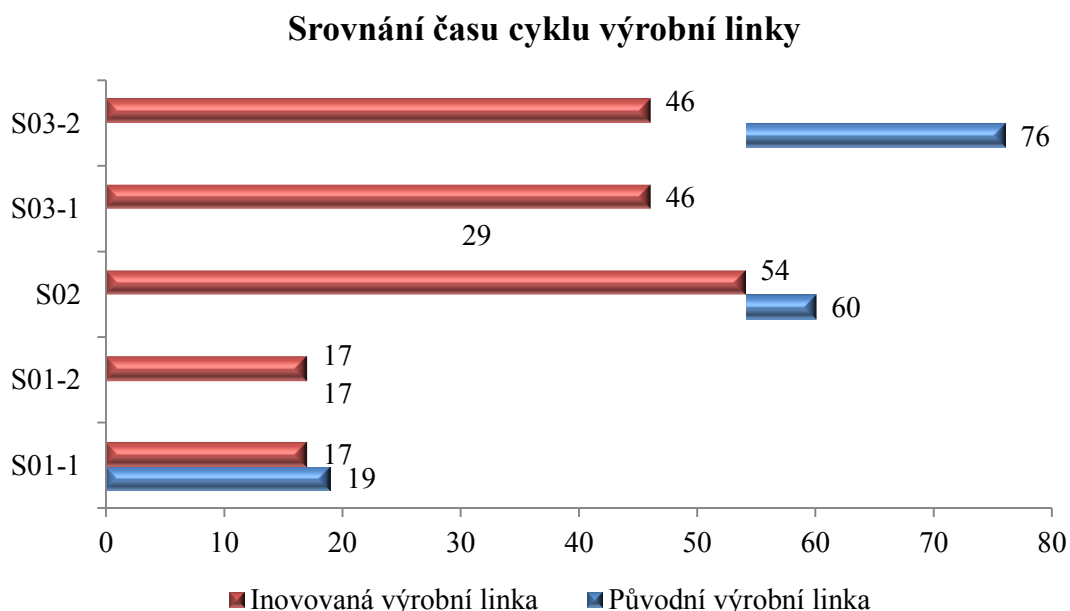
Tab. 25 – Stanovení času cyklu svařovacího okna S03-1,2 po inovaci

Svařovací okno	Číslo	Operace	Čas cyklu (Cycle time)		
			Pracovník [s]	Stroj [s]	Celkem [s]
S03-1	1	Vložení dílu do stroje	12		92 ↓ 46
	2	Automatické upevnění dílu		4	
	3	Spuštění ochranné folie		2	
	4	Svařování (robot R3 I. část)		33	
		Svařování (robot R4 I. část)		17	
	5	Svařování (robot R3 II. část)		16	
		Svařování (robot R4 II. část)		28	
	6	Zvednutí folie + Uvolnění dílu		2	
	7	Kontrola kvality	7		
	8	Vložení do vozíku	4		
S03-2	1	Vložení dílu do stroje	12		92 ↓ 46
	2	Automatické upevnění dílu		3	
	3	Spuštění ochranné folie		2	
	4	Svařování (robot R5 I. část)		33	
		Svařování (robot R6 I. část)		17	
	5	Svařování (robot R5 II. část)		16	
		Svařování (robot R6 II. část)		30	
	6	Zvednutí folie + Uvolnění dílu		2	
	7	Kontrola kvality	7		
	8	Vložení do vozíku	3		

6.2 Srovnání času cyklu původní a inovované výrobní linky

Inovace výrobní linky však neskončila jen přestavbou třetího svařovacího výrobního okna, ale pokračovala zrychlením svařovacích časů a naprogramováním ovládacích jednotek u dalších svařovacích oken na dané lince. Jelikož v automobilovém průmyslu se počítá každá sekunda, i tento krok lze vnímat jako přínos pro podnik, který napomáhá dosáhnout lepší efektivity a produktivity výrobní linky.

Srovnání času cyklu původní a inovované výrobní linky pro výrobu komponentů pro zadní nápravu Hyundai Tucson je zobrazeno na přiloženém grafu (graf 4). Po inovaci bylo úzké místo na této výrobní lince zjištěno v druhém svařovacím okně. Momentálně je tato hodnota v souladu s požadavky, ale do budoucna je možné, že toto svařovací okno bude lépe vyladěno s ostatními.



Graf 4 – Srovnání času cyklu výrobní linky

Porovnání počtu vyráběných produktů za směnu

Důležitou hodnotou je také počet kusů vyrobených za směnu. Přiložená tabulka (tab. 26) uvádí produktivitu výroby před a po inovaci této výrobní linky. Je patrné, že inovovaná výrobní linka je mnohem efektivnější než původní.

Tab. 26 – Produktivita výroby před a po inovaci výrobní linky

Hodnota	Před inovací	Po inovaci
UPH [s]	47	66
Počet kusů za směnu [ks/směna]	344	484
Celkové zkrácení času cyklu [s]	13	

6.3 Přínos pro podnik

Přestavba této linky přinesla zajisté výhody i nevýhody. Bylo dosaženo snížení času cyklu, došlo také k zlepšení pracovního prostředí, dále k zlepšení kvality produktu a zvýšení efektivity a produktivity této výrobní linky. Původní otočný stůl byl navíc rozebrán a díly z něho se ponechaly na případné opravy dalších otočných stolů, které se ještě nacházejí v této společnosti. Jelikož problém s otočnými stoly, jejichž princip je postaven na stlačeném vzduchu, tkví v jejich poruchovosti, společnost se je snaží nahrazovat. Často jsou vyměněny za pevné svařovací stoly, což se aplikovalo i na této lince, nebo se nahrazují otočnými stoly s elektrickým pohonem.

Přiložená tabulka (tab. 26) přehledně zobrazuje přínosy inovace výrobní linky komponentů pro zadní nápravu vozidla Hyundai Tucson. Jedinou nevýhodou zůstával nedostatek finálních vozíků, které jsou zapotřebí k uložení finálních produktů. Tento problém byl však později vyřešen, jelikož finální vozíky byly následně vyrobeny. Celková podoba výrobní linky po inovaci je ilustrována na následujícím obrázku (obr. 47).

Tab. 27 – Přehled přínosů inovace výrobní linky

Přínosy inovace výrobní linky	
Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none">➤ Snížení času cyklu➤ Zvýšení produktivity➤ Zvýšení efektivity➤ Zlepšení kvality produktu➤ Zlepšení pracovního prostředí➤ Lepší využitelnost pracovníků	<ul style="list-style-type: none">➤ Nedostatek finálních vozíků



Obr. 47 – Celková podoba výrobní linky po inovaci

7 Závěr

Hlavním cíl této práce představovalo zkvalitnění produkce a zajištění efektivnosti výrobní linky. Mohu konstatovat, že tento cíl se podařilo splnit. Inovovaná výrobní linka nejenže zabránila nekvalitní produkci, ale rovněž zvýšila počet vyráběných produktů za směnu. Mimo to se dosáhlo zlepšení pracovního prostředí, které vede k mnohem větší spokojenosti pracovníků na této výrobní lince.

Díky perfektní spolupráci mezi oddělením údržby technologie a produkce tato přestavba zabrala pouhé dva dny. Před samotnou přestavbou byly vypracovány návrhy, a to jak z hlediska ergonomie, tak z hlediska inovace (svařovací roboty). Po důkladném posouzení všech variant se zvolil konečný návrh, dle něhož se celá přestavba uskutečnila. První produkty byly dány na rozbor kvality a po zjištění, že neprokazují žádné známky vad, byla linka uznána za provozuschopnou. Po dokončení přestavby byli zaškoleni příslušní operátoři pomocí tým lídra. Po úspěšném absolvování tohoto školení se na této lince mohla spustit výroba.

Jediný problém po inovaci představoval nedostatečný počet finálních vozíků, které sloužily pro ukládání produktů z této výrobní linky. Tento problém byl později vyřešen výrobou nových vozíků. Podobně na tom bylo odsávání svařovacích zplodin nad posledním svařovacím oknem v oblasti pohybu operátora. Odsávání bylo nainstalováno externí firmou v průběhu týdne. Jelikož linka pracuje na třísměnný provoz, návratnost těchto investic by měla být do několika měsíců.

Jelikož společnost Donghee s.r.o. nezhálí a neustále inovuje své procesy, již nyní dělá potřebné kroky pro přijetí čtvrté průmyslové revoluce, známé pod označením Průmysl 4.0. Znamená to propojení všech inteligentních přístrojů, výrobních linek a výrobků, veškerých produkčních systémů a také skladů, logistiky či servisu do jedné inteligentní informační sítě, která bude reagovat bez lidské pomoci na potřeby klientů v reálném čase. Průmysl 4.0 se netýká jen průmyslu, ale také celé společnosti.

Význam automobilového odvětví je pro Českou republiku značný, ať už z pohledu ekonomického výkonu nebo z hlediska pracovního trhu, protože představuje jednoho z hlavních zaměstnavatelů v průmyslu. Automobilový průmysl stále prochází řadou změn, a to nejen v podobě technologických novinek na samotných autech, ale i v procesu výroby. Právě proto je nezbytné udržet krok s konkurencí a snažit se neustále přicházet s novými a lepšími inovacemi.



Poděkování

Děkuji Ing. Vladimíře Schindlerové, Ph.D., a Michalovi Kuropatovi za pomoc při vedení diplomové práce. Chtěl bych také poděkovat pracovníkům z oddělení technologie (PT) a produkce (PD), bez nichž by tato linka nemohla být provozuschopná. V neposlední řadě patří poděkování společnosti Donghee Czech, s.r.o. za poskytnuté informace a fotografie pro výzkumnou část práce.

Seznam použité literatury

1. BATCHELOR, Ray. *Henry Ford: Mass production, modernism and design*. Trowbridge: Redwoos books, 1994. ISBN 0-7190-4147-0.
2. NEDBAL, Josef. *Výrobní linky a montážní automaty*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1972.
3. *Jasa.edu.vn* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: http://jasa.edu.vn/UserFiles/Image/24012015_5.jpg
4. *Evropská databanka: CZ. TECH ČELÁKOVICE, a.s.* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <http://www.edb.cz/clanek-13137-moderni-obrabeci-stroje-automatizovane-vyrobní-linky-a-robotizovana-pracoviste-od-navrhu-po-instalaci>
5. *Kovofiniš: Lakovací linky* [online]. [vid. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://kovofinis.cz/lakovaci-linky>
6. PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2773-5.
7. *Egyptindependent* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: http://www.egyptindependent.com/app/uploads/sites/default/files/photo/2014/12/15/484151/stuttgart_cars.jpg
8. *Průmyslová robotizace: svařování a řezání kovů*. Hadyna - International, spol. s r. o., Ostrava, 2009. 20 s. Dostupný z WWW: http://www.hadyna.cz/pdf/Robotizace_CZ.pdf
9. Barták J. a kolektiv autorů, 2008: *Svařování kovů v praxi*. VERLAG DASHÖFER, Praha, 2254s. ISSN: 1803-2834
10. *SELCO: The welding language* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: http://www.selcoweld.com/images/prodotti/robot/ROB_PP.jpg
11. DOLEJSKÝ, Tomáš. *Učebnice pro základní kurz svařování tavící se elektrodou: (MIG/MAG svařování)*. 3. vyd. V Ostravě: Zeross, 2014. ISBN 978-80-85771-05-3.
12. *Návod k obsluze TransPuls Synergic: Svařovací zdroj MIG/MAG* [online]. Fronius [vid. 2017-11-20]. Dostupné z: <http://www.svarecky.info/data/dokumenty/navody/fronius/navod-fronius-tps-2700-3200-4000-5000.pdf>
13. *ABB* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <http://www07.abb.com/images/librariesprovider46/Smart-technology/robotics-ciif-2012-1203x615.jpg?sfvrsn=1>
14. *OTC DAIHEN* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <http://www.daihen-usa.com/products/view/1>
15. *Projobs: Operátor výroby* [online]. [vid. 2017-11-28]. Dostupné z: <http://www.projobs.cz/napln-prace-operator-vyroby-668>

16. *Deník.cz* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: https://g.denik.cz/58/cb/hella-mella-11_denik-630.jpg
17. MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie: Bezpečný podnik*. Ostrava: Repronis, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.
18. ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9
19. DLABAČ, Jaroslav. *Analýza a měření práce* [online]. [vid. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
20. *API: Analýza a měření práce* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
21. GAYNOR, Gerard H. *Exploiting cycle time in technology management*. New York: McGraw-Hill, c1993. ISBN 0-07-023474-4.
22. MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8.
23. *DONGHEE CZECH: Výroční zpráva 2016* [online]. 2017 [vid. 2017-12-09]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=248599>
24. *DONGHEE CZECH* [online]. [vid. 2017-12-09]. Dostupné z: <http://www.donghee.cz/>
25. KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. V Praze: C.H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6.
26. *Hyundai Motor CZECH s. r. o.: Hyundai Tucson* [online]. [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <https://www.hyundai.cz/modely/tucson>
27. *OTC Daihen* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www.daihen-usa.com/>
28. *NACHI robotic system, INC.* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www.nachirobotics.com/>
29. *FANUC* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www.fanuc.eu/cz/cs>
30. *FANUC ARC Mate 100iB* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.robots.com/fanuc/arcmate-100ib>
31. *YASKAWA* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.yaskawa.co.jp/en/>
32. *MOTOMAN UP6* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.eurobots.net/motoman-robots-up6-p56-en.html>
33. *Fronius: TRANSPULS SYNERGIC CMT* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <http://www.fronius.com/en/welding-technology/products/manual-welding/mig/transpuls-synergic/transpuls-synergic-cmt/transpuls-synergic-4000-cmt>

Seznam obrázků

- Obr. 1 – Svařovací linka
- Obr. 2 – Svařovací okno
- Obr. 3 – Obráběcí linka
- Obr. 4 – Lakovací linka
- Obr. 5 – Montážní linka
- Obr. 6 – Schéma robotizovaného svařovacího pracoviště
- Obr. 7 – ABB robot
- Obr. 8 – OTC Daihen robot
- Obr. 9 – Operátor výroby
- Obr. 10 – Ergonomie na pracovišti
- Obr. 11 – Záznamový formulář snímku pracovního dne
- Obr. 12 – Záznamový formulář snímku operace (chronometráž)
- Obr. 13 – Logo společnosti DONGHEE Industrial Co., LTD.
- Obr. 14 – DONGHEE Czech s.r.o.
- Obr. 15 – Svařovací linky a okna
- Obr. 16 – Lakovna
- Obr. 17 – Montážní linky
- Obr. 18 – Svařovací otočný stůl
- Obr. 19 – Svařovací linka zadních podvozkových dílů
- Obr. 20 – Schéma svařovací linky zadních podvozkových dílů
- Obr. 21 – Svařovací okno S01
- Obr. 22 – Svařovací okno S02
- Obr. 23 – Svařovací okno S03
- Obr. 24 – Umístění zadní nápravy ve vozidlu Hyundai Tucson
- Obr. 25 – Výrobní linka dle první varianty inovace
- Obr. 26 – Výrobní linka dle druhé varianty inovace
- Obr. 27 – Původní uspořádání pracovišť kolem výrobní linky
- Obr. 28 – Ergonomie pracoviště dle prvního návrhu

- Obr. 29 – Ergonomie pracoviště dle druhého návrhu
- Obr. 30 – Ergonomie pracoviště dle třetího návrhu
- Obr. 31 – Pracovní rozsah svařovacího robota
- Obr. 32 – Pracovní rozsah OTC DAIHEN FD – V6
- Obr. 33 – Pracovní rozsah NACHI NV06
- Obr. 34 – Pracovní rozsah FANUC ARC Mate 100iB
- Obr. 35 – Pracovní rozsah Yaskawa Motoman UP6
- Obr. 36 – Svařovací zdroj Fronius [25]
- Obr. 37 – Instalace nového svařovacího okna
- Obr. 38 – Původní podoba svařovacího okna
- Obr. 39 – Svařovací okno po demontáži otočného stolu
- Obr. 40 – Pevný svařovací stůl
- Obr. 41 – Instalace pevného svařovacího stolu
- Obr. 42 – Pevný svařovací stůl v původním okně
- Obr. 43 – Pevný svařovací stůl v novém okně
- Obr. 44 – Programování ovládacího panelu
- Obr. 45 – Programování svařovacích robotů
- Obr. 46 – Finální výrobek
- Obr. 47 – Celková podoba výrobní linky po inovaci

Seznam tabulek

- Tab. 1 – Rozdělení výrobních linek
- Tab. 2 – Vlastnosti robotických svařovacích systémů
- Tab. 3 – Společnosti v holdingu DONGHEE Industrial Co., LTD.
- Tab. 4 – Základní údaje o společnosti DONGHEE Czech s.r.o.
- Tab. 5 – Přehled produktů
- Tab. 6 – Výhody/nevýhody svařovacích otáčecích stolů
- Tab. 7 – Motorizace vozu Hyundai Tucson
- Tab. 8 – Stanovení času cyklu svařovacích oken výrobní linky
- Tab. 9 – Stanovení času cyklu svařovacího okna S03-1,2
- Tab. 10 – Výhody/nevýhody první varianty inovace
- Tab. 11 – Výhody/nevýhody druhé varianty inovace
- Tab. 12 – Výhody/nevýhody prvního návrhu ergonomie pracoviště
- Tab. 13 – Výhody/nevýhody druhého návrhu ergonomie pracoviště
- Tab. 14 – Výhody/nevýhody třetího návrhu ergonomie pracoviště
- Tab. 15 – Parametry OTC DAIHEN FD – V6
- Tab. 16 – Parametry NACHI NV06
- Tab. 17 – Parametry FANUC ARC Mate 100iB
- Tab. 18 – Parametry Yaskawa Motoman UP6
- Tab. 19 – Hodnocení kritérií svařovacího robota
- Tab. 20 – Výsledné hodnoty koeficientů významnosti
- Tab. 21 – Parametry vybraných svařovacích robotů
- Tab. 22 – Rozlišení kritérií dle typu
- Tab. 23 – Vyhodnocení výsledků
- Tab. 24 – Stanovení času cyklu svařovacích oken výrobní linky po inovaci
- Tab. 25 – Stanovení času cyklu svařovacího okna S03-1,2 po inovaci
- Tab. 26 – Produktivita výroby před a po inovací výrobní linky
- Tab. 27 – Přehled přínosů inovace výrobní linky

Seznam grafů

Graf 1 – Čas cyklu svařovacích oken

Graf 2 – Čas cyklu svařovacího okna S03-2

Graf 3 – Čas cyklu svařovacích oken po inovaci

Graf 4 – Srovnání času cyklu výrobní linky

Seznam příloh

Příloha A – Dotazník (Určení svařovacího robota metodou pořadí)